

ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



Хрестоматия радиолюбителя

СОСТАВИТЕЛИ

В. А. БУРЛЯНД

И. П. ЖЕРЕБЦОВ

ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1971

Массовая радиобиблиотека

Выпуск 783

6Ф2.9
Х 61
УДК 621.37/39

Хрестоматия радиолюбителя, изд. 5-е, пер. и доп.,
Х61 М., Энергия, 1971.

512 стр. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 783)

Книга представляет собой учебное пособие для радиокружков, радиокурсов и самообразования. В ней изложены основы радиотехники и собраны материалы, необходимые радиолюбителю в его практической работе: организация рабочего места, выбор деталей, принципы монтажа, описания конкретных конструкций радиоприемников, усилителей, электрогитары и др.

Для начинающих радиоспортсменов приводятся описания несложной УКВ аппаратуры.

Даются также статьи по измерениям, методике конструирования радиоаппаратуры, налаживанию и ремонту радиоприемников.

Вводная глава посвящена истории радио и радиолюбительства, а заключительная — обзору достижений советской радиоэлектроники.

В пятом издании переработан ряд глав, а некоторые из них написаны заново.

Значительно дополнена глава «Телевидение». В ней подробно рассказано, как сделать телевизор из готовых блоков; попутно читатель знакомится с устройством и работой телевизора.

3-4-5 / 434-70 **6Ф2.9**

ХРЕСТОМАТИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Редакторы *А. Я. Брейтбарт, В. Г. Корольков и Р. М. Малинин*
Оформление художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *Н. А. Галанчева*
Корректор *А. Д. Халанская*

Сдано в набор 25/IX-1970 г. Подписано к печати 1/IX-1971 г. Т-14342. Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 2. Печ. л. 32,0. Уч.-изд. л. 46,03. Тираж 70 000 экз. Цена 2 р. 05 к. Зак. 1396.

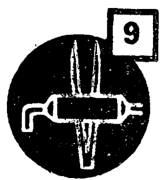
Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

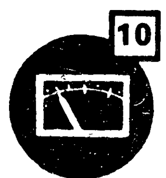
Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, г. Ленинград, Гатчинская ул., 26.

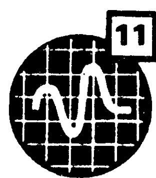
СОДЕРЖАНИЕ

1*

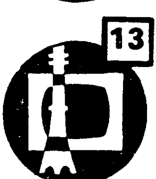

8

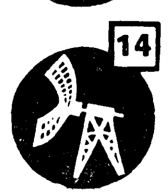

9


10


11


12


13


14

ПРЕДИСЛОВИЕ

Широкий размах радиофикации, бурное развитие телевидения, интенсивное внедрение радиоэлектроники в народное хозяйство вызвали большую тягу нашего народа к радиотехническим знаниям и к радиолюбительству.

«Радиолюбители, — пишет академик А. И. Берг в Ежегоднике МРБ, — это армия активных экспериментаторов и конструкторов, быстро растущих и ненасытно впитывающих все новое и полезное. Это наши замечательные и часто еще плохо используемые резервы в великом наступлении радиоэлектроники во все отрасли народного хозяйства».

Важное значение для пропаганды радиотехнических знаний и развития радиолюбительства имеет массовая научно-популярная литература. Особенно велик спрос на литературу для начинающих радиолюбителей. Издание книг для начинающих и юных радиолюбителей стало очень важным делом в свете задач политехнизации школы, вовлечения нового пополнения в ряды радиолюбителей и тем самым повышения радиотехнической грамотности нашего народа.

Программы радиокружков, разработанные для внешкольной работы и для первичных организаций ДОСААФ, охватывают довольно большой круг тем, изучение которых сочетается с практикой конструирования и налаживания радиоаппаратуры.

Занятия в радиокружке начинаются с важной темы, посвященной истории и значению радио, а завершаются беседой о достижениях отечественной радиотехники.

В популярной радиотехнической литературе и в наших журналах помещено немало материалов для начинающих радиолюбителей и для занятий в радиокружках. Но они разрознены, и их трудно собрать. Требовалось поэтому создать такое учебное пособие, в котором все эти материалы были бы объединены и систематизированы.

Эти соображения были исходными для выпуска первого издания «Хрестоматии радиолюбителей». За 15 лет вышло четыре издания этой книги. Она получила широкую популярность, переводилась на украинский, дважды на болгарский и китайский языки. В каждое издание Хрестоматии вносились изменения, она обновлялась. Особенностью предлагаемого читателям пятого издания является преобладание в нем транзисторной техники.

Теперь это учебное пособие не только для радиокружков, но и для самообразования. Предназначенная в основном для начинающих радиолюбителей Хрестоматия содержит также статьи, рассчитанные на руководителей радиокружков и подготовленных радиолюбителей, желающих углубить свои знания. Для этой же цели в конце каждой главы дается обширная библиография.

Должны предупредить читателей, что книг и брошюр, о которых даны библиографические сведения, уже нет в продаже и ознакомиться с ними можно только в библиотеках.

В пятое издание помещены новые статьи. Ряд глав существенно переработан.

В новой редакции дана 3-я глава: в ней отражены новые ГОСТ на условные графические обозначения.

Значительно обновлена 6-я глава: материалами о современных элементах и аккумуляторах, выпрямителях и стабилизаторах напряжения. Ряд новых статей о транзисторных усилителях и приемниках найдут читатели в 7-й главе. В 8-й главе дается новый большой материал о магнитной записи и работе с магнитофоном, а также статья с описанием электрогитары.

Глава 11 предстает перед читателями в новом, более подробном и углубленном изложении. В 12-й главе обновлено описание УКВ радиостанции и дано описание транзисторного приемника начинающего «лисолова».

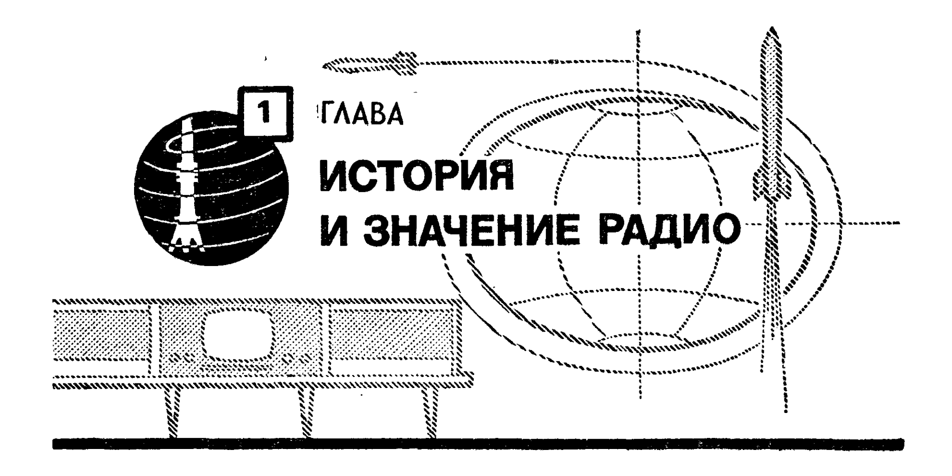
Впервые в Хрестоматии помещено описание самодельного телевизора. Перед автором была поставлена задача — так описать эту конструкцию, чтобы читатель, обладающий некоторым радиолюбительским опытом, мог построить телевизор и понять, как он работает. Несомненно, что постройка телевизора из готовых блоков облегчает решение поставленной задачи. Не надо тратить времени на изготовление панелей, шасси, установку деталей и их монтаж. Работа становится более интересной: она сводится в основном к налаживанию и настройке телевизора по изображению.

Таковы изменения технико-теоретических и конструкторских глав. Обновлена также первая и заново написана заключительная главы.

Выпуская в свет пятое издание «Хрестоматии радиолюбителя», составители считают своим приятным долгом выразить признательность ее редакторам А. Я. Брейтбарту, В. Г. Королькову и Р. М. Малинину, а также работникам письменной радиоконсультации Центрального радиоклуба СССР С. П. Павлову и В. А. Терлецкому, сигнализировавшим нам о тех вопросах, которые особенно интересуют широкие круги обращающихся в консультацию радиолюбителей.

Составители и редакция с благодарностью примут отзывы, пожелания и замечания по этой книге, которые просим присылать по адресу: Москва, М-114, Шлюзовая набережная, 10, издательство «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

В. А. Бурлянд, И. П. Жеребцов



АЛЕКСАНДР СТЕПАНОВИЧ ПОПОВ [1]

В Москве, на Ленинских горах, на широкой площади парка, разбитого у подножия величественного здания Московского государственного университета имени Ломоносова, есть аллея знаменитых русских ученых, олицетворяющих славу отечественной науки.

У выхода из аллеи к университету, с правой стороны находится бюст Александра Степановича Попова, гениального изобретателя радио. Он как бы прислушивается к песне, льющейся из мощного громкоговорителя, установленного над барельефом, венчающим вход в здание университета.

В это же время миллионы громкоговорителей по всей необъятной нашей стране поют ту же песню, которая раздается здесь, на Ленинских горах. Ее слушают в колхозных клубах и в транссибирских экспрессах, в матросских кубриках черноморских кораблей и в санаториях на Рижском взморье.

На полярных станциях начался дневной радиообмен. Передают сводки погоды,

[1] По разным источникам.



Бюст А. С. Попова у здания Московского университета.

«эфир» наполнен голосами дикторов, музыкой, пением, дробью быстродействующих телеграфных аппаратов.

У экранов телевизоров миллионы «болельщиков» смотрят футбольный матч.

День советского радио в разгаре.

И всему этому положил начало человек, у бюста которого остановились сейчас экскурсанты.

Родился А. С. Попов 16 марта[1] 1859 г. в семье священника, в пос. Турьинские рудники Верхотурского уезда, Пермской губ. на Урале (ныне Краснотурьинск Свердловской обл.). Ему было 36 лет, когда он изобрел радио.

С детских лет будущий изобретатель радио проявлял интерес к технике. Любимым его занятием была постройка разного рода двигателей. С юных лет А. С. Попов научился плотничьему и столярному делу. Трудовые навыки, полученные в детстве и юности, помогали впоследствии ученому во всех его опытах.

Свое образование А. С. Попов начал в Долматовском духовном училище, расположенном в 700 *км* от родительского дома; затем он переехал в Екатеринбург (ныне Свердловск), где жила его старшая сестра, и продолжал учение в местном духовном училище.

С 1873 г. он учился в Пермской духовной семинарии. Окончив в 1877 г. общеобразовательные классы семинарии, А. С. Попов поступил на физико-математический факультет Петербургского университета, сыгравшего решающую роль в формировании его научных взглядов и выборе направления работы.

Физико-математический факультет Петербургского университета без преувеличения можно назвать колыбелью отечественной электротехники.

В университетские годы А. С. Попова на физико-математическом факультете работали такие блестящие представители русской науки, как П. Л. Чебышев, А. М. Бутлеров, Д. И. Менделеев. Кафедрой физики ведал Ф. Ф. Петрушевский, отлично поставивший практические занятия в лабораториях. Ф. Ф. Петрушевский и его ученики И. И. Боргман и О. Д. Хвольсон были первыми преподавателями курса электротехники, называвшегося тогда «Электричество и магнетизм».

Изучая теоретические вопросы электротехники, А. С. Попов занимался и ее практическим применением. Он работает электромонтером на одной из первых электростанций Петербурга, участвует в проводке электрического освещения на Невском проспекте, в 1880 г. работает экскурсоводом на Первой электротехнической выставке.

В 1883 г., окончив университет и защитив диссертацию «О принципах магнито- и динамоэлектрических машин постоянного тока», А. С. Попов

[1] В статье все даты даны по новому стилю.

был оставлен при кафедре физики для подготовки к профессорской деятельности.

Но в том же году А. С. Попов покинул университет, приняв предложение Морского ведомства перейти на преподавательскую работу в Кронштадтский минный офицерский класс.

Минный офицерский класс был первым электротехническим учебным заведением в России. Здесь работали многие выдающиеся русские электротехники, велась большая научно-исследовательская работа по электричеству и магнетизму, имелись лаборатории, значительно превосходящие университетские, а физический кабинет по праву считался лучшим в России. Вот почему молодой ученый предпочел скромную работу ассистента в Минном офицерском классе занятиям в университете.



Александр Степанович Попов (16 марта 1859 г. — 13 января 1906 г.).

Деятельность А. С. Попова, предшествовавшая изобретению радио, — это неутомимые исследования в области электричества, магнетизма и электромагнитных волн.

В Кронштадте ученый прожил 18 лет. С этим периодом его жизни связаны все основные изобретения и работы по оснащению русского флота радиосвязью.

Своим изобретением А. С. Попов подвел итог работы большого числа ученых ряда стран мира. Еще в середине XVIII в. гениальный русский ученый-энциклопедист Михаил Васильевич Ломоносов, утверждая, что свет распространяется колебательным движением подобно волнам, положил начало ряду блестящих исследований и открытий, доказавших родство двух явлений природы: световых и электрических.

Исключительно важные исследования великого английского физика Майкла Фарадея (1791—1867 гг.) — создателя учения об электромагнитном поле, его выдающегося соотечественника Джемса Максвелла (1831—1879 гг.) и знаменитого немецкого физика Генриха Герца (1857—1894 гг.) привели к полному перевороту в представлениях об электрических явлениях. Электромагнитная теория света Максвелла, исследования Герца, доказавшего существование электромагнитных волн, послужили прочным научным фундаментом для изобретения А. С. Попова.

Ближе всего к изобретению радио подходили француз Э. Бранли, хорват Н. Тесла, англичанин О. Лодж, индиец Дж. Ч. Бос, итальянец А. Риги.

Но только русскому ученому А. С. Попову после настойчивых трудов удалось перейти от теоретических изысканий к построению практически действующего прибора.

Еще в 1889 г. А. С. Попов пришел к выводу, что электромагнитные волны можно использовать для беспроволочной связи; эту мысль он высказал в своих докладах.

7 мая 1895 г. на заседании Русского физико-химического общества А. С. Попов выступил с докладом и демонстрацией созданного им первого в мире радиоприемника. Этот день вошел в историю мировой науки и техники как день рождения радио.

Первая публикация об этом событии появилась в газете «Кронштадтский вестник» на пятый день после исторического доклада А. С. Попова — № 51 от 12 мая 1895 г., где сказано:

«Уважаемый преподаватель А. С. Попов, делая опыты с порошком, комбинировал особый переносный прибор, отвечающий на электрические колебания обыкновенным электрическим звонком и чувствительный к герцевским волнам на открытом воздухе на расстоянии до 30 сажен.



Генрих Рудольф Герц (8 марта 1857 г. — 14 января 1894 г.).

Об этих опытах А. С. Поповым в прошлый вторник было сделано сообщение в физическом отделении Русского физико-химического общества, оно было встречено с большим интересом и сочувствием.

Поводом ко всем этим опытам служит теоретическая возможность сигнализации на расстоянии без проводников, наподобие оптического телеграфа, но при помощи электрических лучей».

Зимой 1895/96 г. А. С. Попов занимался усовершенствованием аппаратуры для беспроволочной связи. В течение января — апреля 1896 г. он прочел три лекции с демонстрацией разработанных им приборов. 31 января 1896 г., демонстрируя свой радиоприемник в Кронштадтском отделении Русского технического общества, А. С. Попов отметил желательность испытания его на более значительных расстояниях.

Передача сигналов велась с помощью вибратора Герца, расположенного в другом зале.

Летом 1897 г. во время опытов по радиосвязи ученый совместно со своим помощником Павлом Николаевичем Рыбкиным установил связь между учебными кораблями «Европа», «Африка» и берегом на расстоянии 5 *км*.

Тогда же было обнаружено, что электромагнитные волны отражаются от кораблей. А. С. Попов сделал вывод о возможности практического использования этого явления, изложив отправные идеи, положенные теперь в основу радионавигации и радиолокации.

Весной 1899 г. П. Н. Рыбкин и капитан Д. С. Троицкий во время опытов по радиосвязи на Транзундском рейде обнаружили возможность приема радиосигналов на слух при помощи телефонной трубки. В связи с этим открытием А. С. Попов разработал первый в мире радиоприемник с телефонной трубкой. Этот приемник демонстрировался в 1900 г. на Международной парижской выставке. Изобретателю была присуждена Золотая медаль.

Осенью 1899 г. А. С. Попов провел испытания радиостанций на трех броненосцах Черноморского флота и достиг дальности связи свыше 20 *км*.

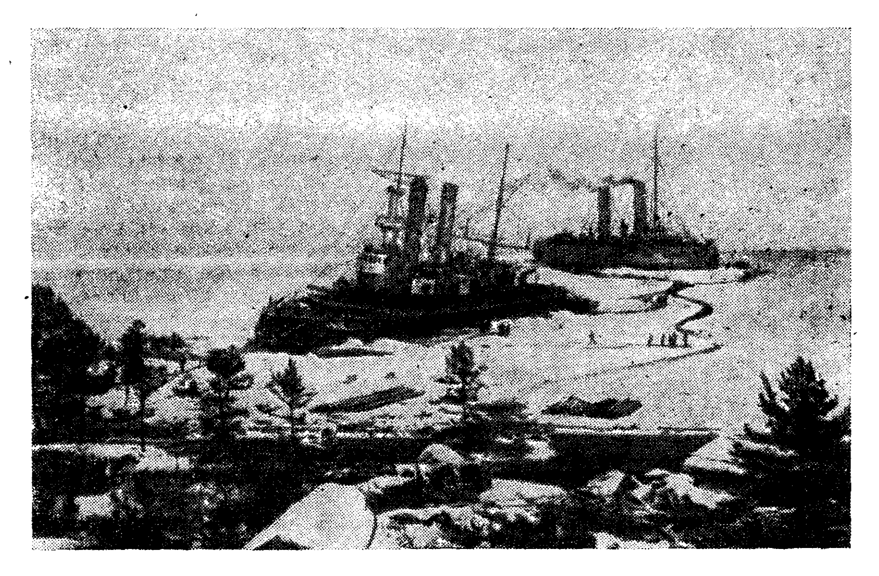
Во время этих опытов впервые для радиостанций были применены позывные.

Первые в мире линии радиосвязи. Подлинным триумфом радиосвязи в России была Гогландская эпопея. В январе 1900 г. А. С. Попов осуществил радиосвязь на расстоянии свыше 40 *км* между о. Гогланд и о. Кутсало, недалеко от г. Котка в Финляндии. Эта первая в мире практическая линия беспроволочной связи обслуживала экспедицию по снятию с камней броненосца «Генерал-адмирал Апраксин», севшего на камни у южного берега о. Гогланд.

6 февраля 1900 г. А. С. Попов передал из г. Котка на о. Гогланд радиограмму. Она содержала приказание ледоколу «Ермак» выйти на помощь рыбакам, унесенным на льдине в море. Ледокол выполнил приказ, и рыбаки были спасены.

Последующей своей регулярной работой беспроволочный телеграф на линии о. Гогланд — Котка доказал преимущества радиосвязи. Успешное ее применение послужило толчком к «введению беспроволочного телеграфа на боевых судах как основного средства связи», о чем гласил приказ по Морскому ведомству.

Радио, начавшее свою практическую историю спасением людей, унесенных в море, стало новым прогрессивным видом связи XX в. Начались работы



Броненосец «Генерал-адмирал Апраксин» на камнях у о. Гогланд.

по оборудованию радиостанциями русского военно-морского флота, в которых участвовал и сам изобретатель радио. Этой работы он не оставил и после назначения его профессором физики Петербургского электротехнического института (сентябрь 1901 г.).

К лету 1901 г. А. С. Попов сконструировал новые так называемые резонаторные радиостанции, отличавшиеся точной настройкой, и осенью испытал их во время перехода Черноморской эскадры из Севастополя в Новороссийск, осуществив двустороннюю радиосвязь на расстоянии 150 *км*. Этой же осенью он создал первую линию радиосвязи для нужд речного судоходства в Ростове-на-Дону между портом и плавучим маяком в дельте Дона.

В 1902 г. по инициативе А. С. Попова была сооружена первая на Украине линия радиосвязи, связавшая на расстоянии 20 *км* через Днепр г. Херсон и Голую Пристань. Приемо-передающие радиостанции заменили телеграфную линию длиной 150 *км*, которую нужно было бы провести в обход. Постройка радиостанций обошлась в 6 раз дешевле, а главное была осуществлена во много раз скорее, чем предполагавшееся строительство проволочной телеграфной линии.

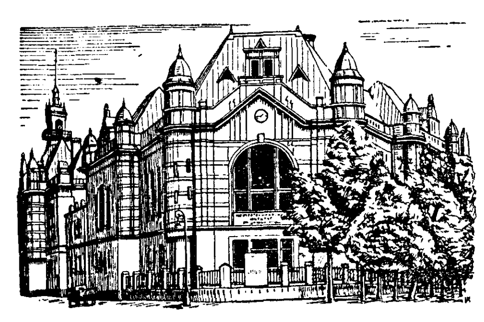
Теперь в Херсоне на стене дома, где находилась радиостанция, висит мемориальная доска.

А. С. Попов не только изобрел первый в мире радиоприемник и осуществил первую в мире радиопередачу, но и обосновал главнейшие принципы радиопередачи. Он разработал идею усиления сигналов, применил приемную антенну, создал новую научно-техническую дисциплину — радиоизмерения.

А. С. Попов создал первые походные армейские радиостанции и успешно провел работы, доказавшие возможность применения радио в сухопутных войсках, в артиллерии и для воздухоплавания.

Созданием Кронштадтских мастерских по изготовлению приборов для телеграфирования без проводов А. С. Попов положил начало отечественной радиопромышленности.

Благодаря А. С. Попову впервые в России (1902 г.) началось преподавание радиотехники в высшем учебном заведении. Литографированное издание его лекций по телеграфированию без проводов, прочитанных в Электротехническом институте, было одним из первых учебных пособий по радиотехнике.



Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ульянова (Ленина), где с 1901 по 1906 г. работал А. С. Попов.

В последние годы жизни Александр Степанович Попов руководил опытами молодого физика С. Я. Лифшица по радиотелефонированию с помощью искрового передатчика. В феврале 1904 г. А. С. Попов выступил на III Всероссийском электротехническом съезде с докладом «О новейших успехах телеграфирования и телефонирования без проводов», сопровождавшихся демонстрацией радиотелефонной передачи.

Ученый предсказал возможность соединения линий радиосвязи с проводными линиями и установку на таких линиях трансляций, чтобы обеспечить передачу сигналов на большие расстояния. Поэтому он считал весьма важным осуществление телефонной трансляции.

По указанию А. С. Попова разработку этой проблемы вел его ученик В. И. Коваленков (впоследствии член-корреспондент Академии наук СССР), успешно разрешивший эту сложную задачу.

А. С. Попов — научный и общественный деятель. Ученый-патриот Александр Степанович Попов был общественным деятелем. Он придавал большое значение научно-технической общественности. По его инициативе в 1893 г. в Кронштадте было создано отделение Русского физико-химического общества, в руководстве которым ученый принимал участие в течение ряда лет.

В разгар революционных событий в октябре 1905 г. А. С. Попов стал первым выборным директором Петербургского электротехнического института.

В том же месяце он подписал в качестве председателя Совета Электротехнического института протокол с политическими требованиями преподавателей института и протокол с требованием снять охрану у входов в институт и обеспечить возможность устройства митингов. Постоянные волнения, тревоги, связанные с арестами студентов, обысками, репрессиями со стороны властей, подточили слабое здоровье А. С. Попова и привели его к преждевременной смерти от кровоизлияния в мозг, последовавшей 13 января 1906 г.

За день до смерти А. С. Попов должен был стать председателем физического отделения Русского физико-химического общества, на заседаниях которого не раз были заслушаны исторические доклады, связанные с изобретением радио. Избранием А. С. Попова товарищем председателя общества в 1904 г. (с переходом на следующий год председателем в соответствии с уставом) русские ученые подчеркнули выдающиеся заслуги гениального изобретателя перед отечественной наукой и как бы подвели итоги большой работы А. С. Попова по пропаганде научных и технических знаний. Она началась еще в 1886 г. лекциями о новейших достижениях электротехники, которые А. С. Попов читал в Кронштадтском собрании, и продолжалась до последних дней жизни ученого.

На своих публичных лекциях он выступал как замечательный популяризатор, сочетая глубокое изложение предмета с исключительно блестящими демонстрациями приборов, многие из которых делал сам.

«Надо не только рассказывать о явлениях природы, но и показывать эти явления так, чтобы они запоминались на всю жизнь», — говорил Александр Степанович.

Великий изобретатель радио сам являлся первым пропагандистом радиотехнических знаний. Видя общенародное значение своего изобретения, А. С. Попов стремился как можно шире популяризовать достижения в области радиосвязи. Он читал публичные лекции с демонстрацией телеграфа без

проводов, используя для этого аудитории учебных заведений и трибуны различных съездов. Три последние свои лекции о беспроволочном телеграфе А. С. Попов прочитал на съезде учителей народных школ (август 1905 г.). Популярность А. С. Попова росла. Этому способствовали и первые описания самодельных приборов для устройств беспроволочного телеграфа. Так, например, уже в 1898 г. в «Журнале новейших открытий и изобретений» была опубликована статья «Домашнее устройство опытов телеграфирования без проводов», в которой описывались самодельные радиоприемники и радиопередатчик. Эти приборы позволили проводить опыты радиотелеграфирования на расстояние до 25 *м*.



Открытие памятника А. С. Попову на Кировском проспекте в Ленинграде 22 марта 1959 г.

Честь и слава А. С. Попову. Велики заслуги Александра Степановича Попова, хотя и коротка была его жизнь.

Радиотелеграф, созданный его гением, был тем началом, из которого родились современные радиовещание, телевидение, радиофототелеграфия, радиотелемеханика, радионавигация и радиолокация.

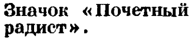
Двадцатипятилетие изобретения радио молодая Советская республика в условиях гражданской войны и разрухи отметить не могла, зато 30-летие отмечалось широко. Инициаторами были Нижегородская радиолаборатория и ее сотрудник — выдающийся пропагандист радиотехнических знаний профессор Владимир Константинович Лебединский. В ноябре 1924 г. инициативу Нижегородской радиолаборатории поддержала I Всесоюзная электротехническая конференция. Тридцатилетие изобретения радио праздновалось в 1925 г. в Москве, Ленинграде, Нижнем Новгороде и ряде других городов.

К юбилею изобретения радио было приурочено открытие I Всесоюзной радиовыставки в Московском Политехническом музее. Приказом Реввоенсовета республики Сокольнической радиовещательной станции и Кронштадтской электроминной школе было присвоено имя А. С. Попова.

В 1935 г. научно-техническая и радиолюбительская общественность отметила 40-летие изобретения радио. В связи с этой знаменательной датой Песочная улица в Ленинграде, на которой находился Электротехнический институт имени В. И. Ульянова-Ленина, была переименована в улицу профессора Попова.

2 мая 1945 г. Совет Народных Комиссаров СССР издал постановление «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым». В нем говорилось: «*Учитывая важную роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, установить 7 мая ежегодный День радио*».




Значок «Почетный радист».



Памятная настольная медаль, выпущенная в ознаменование 100-летия со дня рождения А. С. Попова.

Этим же постановлением учреждались Золотая медаль имени А. С. Попова * и значок «Почетный радист».

В дни заключительных боев, которые советская армия вела против фашизма, в СССР было торжественно отмечено 50-летие со дня изобретения радио. Юбилейное торжественное заседание было проведено в Государственном академическом Большом театре Союза ССР. Торжественные заседания, посвященные 50-летию изобретения радио, проводились 7 мая 1945 г. по всей стране.

12 мая в Кронштадте, где в Минном офицерском классе 18 лет работал А. С. Попов, состоялось торжественное открытие памятника изобретателю радио. На здании была установлена мемориальная доска.

14 мая в Москве в Политехническом музее открылась юбилейная радиовыставка «50 лет радио», а 15 мая — Всесоюзная научно-техническая конференция, посвященная 50-летию со дня изобретения радио А. С. Поповым. Конференция постановила выделить из Всесоюзного научного инженерно-технического общества энергетики и электросвязи самостоятельное Всесоюзное научно-техническое общество радиотехники и электросвязи имени А. С. Попова (НТОРиЭ). В дальнейшем ежегодные всесоюзные научно-технические конференции в ознаменование Дня радио проводились НТОРиЭ имени А. С. Попова совместно с заинтересованными организациями. Академия наук СССР издала к 50-летнему юбилею сборник «50 лет радио», «Изобретение радио А. С. Поповым» под редакцией А. И. Берга. Другой том этого сборника «Из предыстории радио» вышел под редакцией Л. И. Мандельштама в 1948 г.

В 1959 г. широко отмечалось 100-летие со дня рождения А. С. Попова. Были выпущены Бронзовая медаль и нагрудный значок, которыми Оргкомитет наградил по поручению Президиума Академии наук Союза ССР свыше 2 тыс. чел. за заслуги в деле развития и практического применения радиотехники, радиоэлектроники и электросвязи.

---

* Золотая медаль им. А. С. Попова до 1951 г. присуждалась ежегодно в одном экземпляре, а теперь один раз в три года советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио.

В Ленинграде на Кировском проспекте 22 марта был открыт памятник А. С. Попову, созданный скульптором В. Боголюбовым.

В Москве в Политехническом музее была открыта юбилейная выставка, на которой наряду с лучшими образцами радиоаппаратуры отечественной радио- и электронной промышленности демонстрировались конструкции, выполненные радиолюбителями. Одновременно с открытием выставки там же состоялось торжественное открытие мемориальной доски. Мемориальные доски были открыты в других памятных местах, связанных с жизнью и деятельностью А. С. Попова: в Кронштадте, на стене дома на улице Аммермана, где жил ученый; в Высшем военно-морском инженерном училище имени Ф. Э. Дзержинского, где А. С. Попов работал преподавателем (тогда это было Морское инженерное училище); в физической аудитории Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина), где в 1903—1905 гг. А. С. Попов читал лекции. Имя А. С. Попова было присвоено Научно-исследовательскому институту радиовещательного приема и акустики (ИРПА) в Ленинграде и Куйбышевской радиовещательной станции.

По всей стране состоялись торжественные заседания и многолюдные собрания трудящихся, юбилейные научные сессии и научно-технические конференции.

ЦК ДОСААФ провел ряд всесоюзных соревнований коротковолновиков и международные радиотелеграфные соревнования на кубок имени А. С. Попова.

Центральным радиоклубом ДОСААФ утвержден специальный диплом имени А. С. Попова «Работал со 100 радиолюбительскими станциями Советского Союза». Этот диплом присуждается советским и зарубежным радиолюбителям.

7 мая 1967 г. в Ленинграде открыт мемориальный музей-квартира А. С. Попова в доме № 5, по улице профессора Попова, где с 1903 г. жил и работал великий изобретатель радио.

В июне 1967 г. по инициативе комсомольцев радиозаводов Прибалтийских республик и при участии комсомола Минского радиозавода на о. Гогланд были установлены обелиск и мемориальный памятник с барельефом А. С. Попова там, где в начале века была осуществлена первая практическая радиосвязь.

В 1970 г. советская общественность широко отметила 75-летие со дня изобретения радио.

Невольно вспоминаются слова профессора В. К. Лебединского: «Высоким непоколебимым памятником незабвенному изобрететателю является тот богатый всход, который дали брошенные им семена. Дело А. С. Попова продолжают в СССР замечательные коллективы ученых, инженеров, техников и рабочих в содружестве с многотысячной армией радиолюбителей».

ОТ ПОПОВА ДО НАШИХ ДНЕЙ *

После смерти А. С. Попова группа талантливых ученых и инженеров продолжает его дело в нашей стране.

Уже в 1907 г. ученики А. С. Попова добиваются согласия Морского ведомства на перевод созданных А. С. Поповым Кронштадтских мастерских в Петербург и в 1910 г. здесь начинает работать «Радиотелеграфное депо» — первый русский радиозавод, сыгравший большую роль в борьбе за освобождение России от иностранной зависимости в области радио.

Здесь работали выдающиеся русские радиоспециалисты, продолжатели дела А. С. Попова: М. В. Шулейкин, И. Г. Фрейман, А. А. Петровский, Н. Н. Циклинский и др. Эта группа ученых явилась тем ядром, из которого впоследствии разрослось несколько школ советских радиоспециалистов, плодотворно работавших над развитием и укреплением советской радиотехники.

---

* По разным источникам.



Основоположник электронного телевидения Борис Львович Розинг (1869—1933 гг.).

В 1907 г. профессор Петербургского технологического института Борис Львович Розинг заложил основы современного электронного телевидения, получив патент на «способ электрической передачи изображения на расстоянии».

9 мая 1911 г. Б. Л. Розинг сконструировал действующую модель телевизионной установки и получил первое в мире простейшее изображение на экране электроннолучевой трубки. Слава А. С. Попова была приумножена. Наша страна благодаря трудам Б. Л. Розинга стала родиной современного электронного телевидения.

В 1914 г. на Петербургском заводе Российского общества беспроволочных телеграфов и телефона (РОБТиТ), в лаборатории которого работал Н. Д. Папалекси (впоследствии академик), стали изготовлять электронные лампы. Они были не чисто вакуумными и работали при небольшом давлении ртутных паров. На этих лампах Н. Д. Папалекси осуществил радиотелефонную передачу из Петербурга в Царское Село.

Производство первых вакуумных приемных радиоламп начал в России Михаил Александрович Бонч-Бруевич на Тверской приемной радиостанции в 1916 г. Аноды ламп делались из железной сетки в целях лучшей теплоотдачи, а для удлинения срока службы ламп в них были вставлены два катода на цоколях, расположенных друг против друга. Когда сгорал один катод, лампу переворачивали и включали другой. Применение двух катодов вызывалось трудностью откачки ламп. Эти лампы успешно конкурировали с заграничными; стоили они в 6 раз дешевле и работали в 30 раз дольше. Тверь понемногу снабжала лампами Петроград и радиостанции фронтов.

Ученик А. С. Попова В. И. Коваленков демонстрировал в 1914 г. делегатам съезда инженеров-электриков первую в мире телефонную двустороннюю трансляцию с ламповым усилителем. Эта установка, разработанная в Электротехническом институте по совету А. С. Попова, заложила прочную основу для дальнейшего развития связи по проводам и радио.

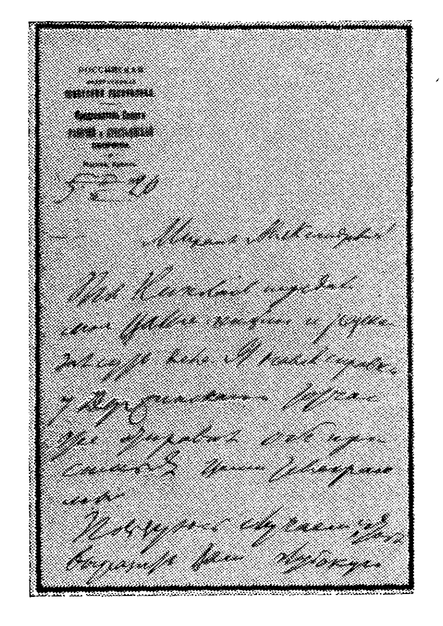
Но усилия небольшого числа передовых русских радиоспециалистов, стремившихся освободиться от иностранной зависимости в развитии радиодела, увенчались успехом только в отношении военно-морского флота благодаря созданию «Радиотелеграфного депо».

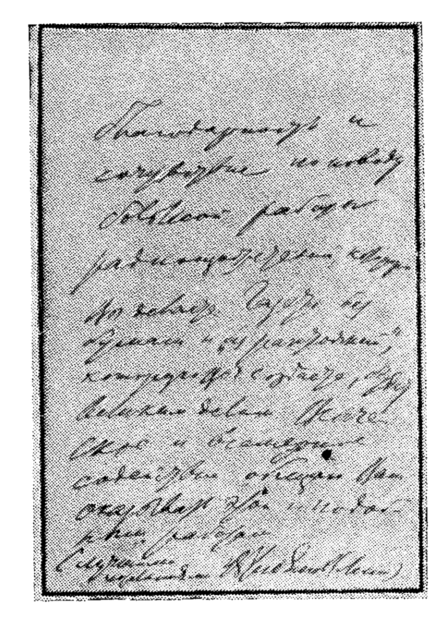
Радио, доставившее славу его изобретателю и русской науке, в последующие годы стало предметом спекуляции и наживы иностранных предпринимателей, пользовавшихся отсталостью царской России и продажностью ее правящих кругов.

Великая Октябрьская социалистическая революция принесла трудам Попова всенародное признание и способствовала широчайшему развитию радиотехники. В Советской России радио стало важнейшим видом связи и информации, одним из главных средств политического и культурного воспитания трудящихся.

В октябрьские дни 1917 г. радио связало руководящие органы революции со всей страной. Первая радиопередача, обращенная к народу, состоялась в день победы Великой Октябрьской социалистической революции 7 ноября 1917 г. Радиостанция крейсера «Аврора» оповестила мир о том, что Временное правительство низложено и государственная власть в России перешла в руки пролетариата.

Великий Ленин оценил радио не только как важнейший вид связи, но и как лучшее средство пропаганды, агитации, мобилизации широких народных масс.





Письмо В. И. Ленина М. А. Бонч-Бруевичу от 5 февраля 1920 г.

Начиная с октября 1917 г. радиотелеграф часто передавал подписанные Лениным радиограммы: «Всем, всем, всем!»

По инициативе В. И. Ленина Советом Народных Комиссаров и Советом Труда и Обороны с 1917 г. и до начала 1921 г. был принят ряд декретов, наметивших большую программу развития радиостроительства в нашей стране. Среди них был декрет Совнаркома, положивший начало организации Нижегородской радиолаборатории.

Нижегородская радиолаборатория, развитию которой много помог Владимир Ильич, стала колыбелью советской радиотехники. Дважды награжденная орденом Трудового Красного Знамени Нижегородская радиолаборатория со временем выросла по сути дела в научно-исследовательский радиотехнический институт государственного значения.

Здесь были разработаны первые радиовещательные передатчики, налажен серийный выпуск радиоламп.

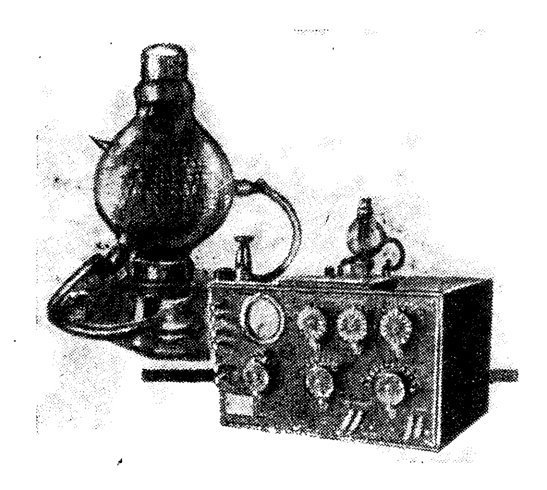
Это направление работ определялось задачами, которые поставил перед радиолабораторией В. И. Ленин.

Декрет Совнаркома предлагал развивать производство радиоламп с высоким вакуумом, ориентировал лабораторию на исследования в области радиотелефонии.

В конце 1919 г. в одной из комнат Нижегородской радиолаборатории звучал голос ее руководителя М. А. Бонч-Бруевича: «Алло, алло, даю счет. Раз, два, три, четыре... Как слышно?» Велись опыты по радиотелефонированию. 19 января 1920 г. была осуществлена первая опытная радиотелефонная передача из Нижегородской радиолаборатории, а через 4 дня удалось связаться по радиотелефону с Москвой.

5 февраля 1920 г. Владимир Ильич Ленин послал М. А. Бонч-Бруевичу свое знаменитое письмо, в котором писал:

«Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим



Первая электронная вакуумная лампа, изготовленная М. А. Бонч-Бруевичем в 1916 г. Справа — ламповый радиоприемник, сконструированный им же для приема незатухающих колебаний.

делом. Всяческое и всемерное содействие обещаю Вам оказывать этой и подобным работам».

Это письмо взволновало и окрылило весь коллектив радиолаборатории. Больше всех был взволнован тот, кому оно было адресовано.

Правительство поручило Бонч-Бруевичу построить в Москве Центральную радиотелефонную станцию с радиусом действия 2 тыс. верст. Задача была срочной, требовалось немедленно приступить к подготовительным работам.

А как приступить? Для такой радиостанции нужны были мощные лампы. Но для увеличения мощности требовалось увеличить напряжение на аноде, а это в свою очередь приводило к сильному нагреванию электродов, возникновению дуги между электродами или расплавлению баллона лампы. Нужны были тугоплавкие металлы для анодов ламп: тантал, молибден, а о таких металлах в ту пору можно было только мечтать. В стране не было не только тантала и молибдена — не хватало хлеба и топлива.

Бонч-Бруевич решился на революционный шаг. Вместо танталового анода он поставил трубку из меди. Трубка входила внутрь лампы, служа анодом, и соединялась шлангом с водопроводом. Генераторная лампа Бонч-Бруевича утвердила новые принципы конструирования мощных генераторных электронных ламп. Конструкция мощных советских радиоламп с водяным охлаждением позже была заимствована за границей.

В это же время один из руководителей Нижегородской радиолаборатории В. П. Вологдин разрешил другую трудную проблему. Предвидя, что препятствием для развития радиотелефонии явится отсутствие отечественных высокочастотных генераторов постоянного тока, он создает оригинальный ртутный выпрямитель.

В период гражданской войны, в наиболее напряженные для Советской страны дни, в Нижегородской радиолаборатории, как и во многих других исследовательских учреждениях, рождались новые научно-технические идеи.

Успешной деятельности лаборатории способствовало неослабное внимание В. И. Ленина к работам, пробивавшим новый путь в технике.

В. И. Ленин считал радиотелефон делом *«гигантски важным»*, с помощью которого, как он писал 26 января 1921 г. управделами Совнаркома, *«вся Россия будет слышать газету, читаемую в Москве»*.

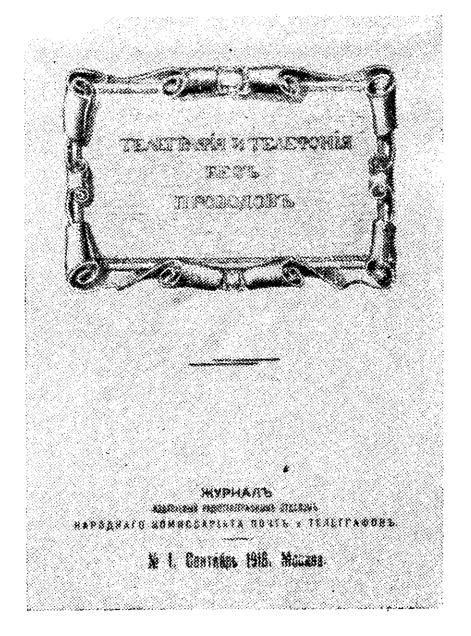


Член-корреспондент АН СССР Михаил Александрович Бонч-Бруевич (21 февраля 1888 г. — 7 марта 1940 г.).

В мае 1922 г. в одном из писем, направленных всем членам Политбюро, о развитии радиотехники В. И. Ленин писал, что «*ни в коем случае не следует жалеть средства на доведение до конца дела организации радиотелефонной связи и на производство вполне пригодных к работе громкоговорящих аппаратов*».

Нижегородская радиолаборатория выполнила задание правительства. В августе 1922 г. была завершена постройка первой мощной 12-киловаттной радиовещательной станции, названной именем Коминтерна. Вскоре вступило в строй несколько десятков радиостанций местного радиовещания.

Нижегородская радиолаборатория организовала первый радиотехнический съезд, провела широкую техническую консультацию для радиолюбителей, осуществляла издание научно-технических журналов «Телеграфия и телефония без проводов» и «Радиотехник». Издательская деятельность, содействие изобретательству и даже составление учебных программ для подготовки кадров в области радио — все это предусматривалось положением о радиолаборатории, которое редактировал лично В. И. Ленин. Не замкнутое научное учреждение видел в радиолаборатории великий вождь пролетариата, а активное содружество научных работников с широкими массами всех радиотехников и изобретателей страны.



Обложка первого номера журнала «Телеграфия и телефония без проводов» (ТиТ бп) — летописи советской радиотехники ее первого десятилетия. Бессменным редактором ТиТ бп был проф. В. К. Лебединский.

Владимир Ильич Ленин мечтал о митинге с многомиллионной аудиторией, он завещал создать газету без бумаги и «без расстояний».

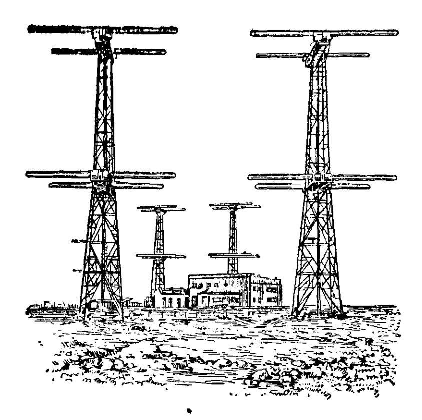
Заветы В. И. Ленина начали быстро осуществляться.

28 июля 1924 г. было издано постановление Совета Народных Комиссаров СССР «О частных приемных радиостанциях». Этот исторический документ положил начало бурному развитию радиовещания, радиофикации и радиолюбительства в нашей стране.

Осенью того же года началось регулярное радиовещание через станцию Научно-исследовательского института связи Красной Армии в Сокольниках, отличавшуюся высоким качеством передачи. Здесь А. Л. Минц построил ряд радиотелефонных передатчиков нарастающей мощности: от 1,2 *квт* в 1924 г. до 20 *квт* в 1926 г.

Характерно, что первенство этот передатчик перенял у советской же 12-киловаттной радиостанции имени Коминтерна, а уступил его 40-киловаттному радиовещательному передатчику, построенному в 1927 г. в Москве М. А. Бонч-Бруевичем при участии А. М. Кугушева. Оконечный каскад радиопередатчика имел три лампы с водяным охлаждением.

В начале 1928 г. под руководством А. Л. Минца было организовано бюро мощного радиостроения, в состав которого входили З. И. Модель, П. П. Иванов, Н. И. Оганов и другие радиоинженеры. Первой работой бюро явилась постройка мощной 100-киловаттной радиовещательной станции имени ВЦСПС. В проектировании и строительстве этой станции было применено много смелых технических новинок, для изучения которых иностранные фирмы присылали в Москву своих инженеров.



Мощная коротковолновая радиостанция.

Вслед за радиостанцией имени ВЦСПС в течение первой пятилетки были построены еще четыре радиостанции такой же мощности.

А в 1933 г. зазвучал «голос» 500-киловаттного радиогиганта — новой станции имени Коминтерна. Этому замечательному сооружению не было равного в мире.

Одновременно со строительством длинноволновых и средневолновых передатчиков советские ученые и инженеры работали над проблемой использования коротких волн.

Работы, проведенные в Нижегородской радиолаборатории М. А. Бонч-Бруевичем и В. В. Татариновым в 1923 г., показали, что на двух-трех волнах можно вести практически круглосуточную радиосвязь с корреспондентами на любых расстояниях. На основе этих опытов Нижегородская радиолаборатория в 1926 г., установив коротковолновые передатчики в Москве и Ташкенте, осуществила магистральную радиосвязь Москва — Ташкент. Для этих радиопередатчиков были установлены разработанные В. В. Татариновым антенны. В сентябре 1926 г. начала регулярные передачи коротковолновая радиостанция во Владивостоке, установленная Нижегородской радиолабораторией. Эта станция поддерживала связь с Нижним Новгородом на волне 23 *м*.

В том же году на Сокольнической радиостанции был сооружен первый в Европе коротковолновый радиотелефонный передатчик мощностью 1 *квт*.

Дальнейшие труды наших ученых и инженеров увенчались сооружением в 1938 г. первой в мире коротковолновой 120-киловаттной радиостанции для радиовещания.

Даже в трудные военные годы продолжалось строительство мощных радиостанций. В 1943 г. наша радиовещательная сеть пополнилась новой средневолновой радиостанцией, построенной под руководством З. И. Моделя, А. Л. Минца, Л. А. Копытина, П. П. Иванова. Она явилась одной из самых мощных радиостанций в мире.

Фундамент мирового первенства СССР по мощности радиовещательных станций был заложен работами советских ученых. М. В. Шулейкин был одним из создателей советской методики инженерных расчетов длинноволновых антенн и заземлений, ламповых генераторов и их стабильности, модуляции и пр.

Работы А. А. Пистолькорса и Я. Н. Фельда привели к созданию так называемых щелевых или дифракционных антенн, которые были предложены независимо друг от друга М. А. Бонч-Бруевичем и М. С. Нейманом для работы на очень коротких волнах.

А. И. Бергу принадлежат ценные работы по основным вопросам генерации, стабилизации частоты, усиления и управления колебаниями ламповых генераторов.

Советские специалисты достигли значительных результатов в развитии теории радиоприема. Их исследования в этой области опережали исследования зарубежных ученых. Таковы, например, работы В. А. Котельникова, посвященные проблеме борьбы с помехами радиоприему и



Академик Михаил Васильевич Шулейкин (2 ноября 1884 г. — 17 июля 1939 г.)

потенциальной помехоустойчивости, А. И. Берга о сеточном детектировании, Г. С. Горелика и Г. М. Гинца о сверхрегенераторе, В. И. Сифорова по теории радиоприема, Е. Г. Момота по избирательному детектированию. Первостепенное значение для понимания сложных явлений как при приеме, так и при генерации электрических колебаний имеют теоретические работы школы академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси.



Академик Леонид Исаакович Мандельштам (4 мая 1879 г. — 27 ноября 1944 г.).

Одной из основных задач техники сантиметровых волн была разработка методов генерирования на этих волнах. В разработке магнетронов и клистронов для генерирования сантиметровых волн выдающаяся роль принадлежит советским ученым. Советский физик А. А. Слуцкин был одним из пионеров в области исследования магнетронов и одним из создателей магнетронного генератора. Современный многокамерный магнетрон представляет собой дальнейшее развитие конструкций магнетронов, разработанных Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым по рекомендациям М. А. Бонч-Бруевича еще в 1936—1937 гг. Идею применения магнетронов как генераторов для радиолокации выдвинул также М. А. Бонч-Бруевич.

Так называемый отражательный клистрон предложил советский инженер В. Ф. Коваленко в 1940 г. Основную роль в работе клистрона играют объемные колебательные контуры («эндовибраторы»), представляющие собой ограниченные металлическими стенками объемы, служащие резонаторами для электромагнитных колебаний сверхвысоких частот. Такие резонаторы впервые предложил радиоспециалист М. С. Нейман.



Академик Александр Николаевич Щукин (род. 22 июля 1900 г.).

В 1920 г. на 4 года раньше иностранных ученых М. В. Шулейкин разработал основы теории преломления радиоволн в ионосфере.

Заслуги решения задачи дифракции[1], которая является основой теории распространения поверхностных радиоволн, принадлежит советскому ученому академику Б. А. Введенскому.

Наблюдения за распространением коротких волн, давшие ценные результаты, вели Д. А. Рожанский, М. А. Бонч-Бруевич и А. Н. Щукин.

В 1932 г. профессор А. Н. Щукин (ныне академик) впервые предложил метод расчета напряженности поля на коротких волнах. Он же подробно рассмотрел в 1937 г. условия распространения радиоволн в морской воде.

С изобретением ионосферных станций радиотехника получила новое мощное средство для изучения процессов

[1] Дифракция радиоволн — способность огибать выпуклость земного шара, а также горы и другие препятствия на пути. (*Прим. ред.*)

распространения пространственных радиоволн.

М. А. Бонч-Бруевич, смело решавший сложнейшие задачи во многих отраслях радиотехники, явился пионером импульсного метода исследований ионосферы. Он сконструировал и испытал первую мощную 20-киловаттную импульсную станцию, при помощи которой были проведены исследования ионосферы за Полярным Кругом в 1933 г.



Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии академик Евгений Константинович Завойский (род. 28 сентября 1907 г.). Он с детства занимается радиолюбительством. На фото Е. К. Завойский с сыном Костей монтирует радиоприемник.

Первые опыты по радиосвязи на УКВ и определению особенностей их распространения были осуществлены в 1922 г. Б. А. Введенским совместно с А. И. Данилевским. Ими тогда впервые была осуществлена радиотелеграфная передача на волне 3,8 *м*.

В 1926—1928 гг. Б. А. Введенский, А. Г. Аренберг и А. В. Астафьев изучали распространение УКВ на земле в пределах небольших расстояний. Они же провели опыты связи на УКВ с аэростатами и самолетами. В 1928 г. Б. А. Введенский опубликовал формулы, которые были первой попыткой установления закона распространения УКВ. Под руководством Б. А. Введенского была построена и в 1931 г. вела регулярные передачи первая радиовещательная станция на УКВ (РВ-61).

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси разработали методы измерения скорости распространения радиоволн, исследовали условия распространения коротких и средних радиоволн над поверхностью земли. На основе этих работ ими были созданы впоследствии фазовые системы радионавигации. Академик В. А. Фок создал теорию распространения радиоволн над поверхностью земли. Совокупность этих работ позволяет решать ряд важнейших практических задач, возникающих перед радиотехникой.

В начале 20-х годов С. А. Векшинский разработал оригинальный триод с вольфрамовым катодом и подготовил к 1931 г. основы технологии изготовления бариевых катодов. Затем С. А. Векшинский руководил работами по созданию мощных генераторных ламп, электроннолучевых трубок, газотронов и других электровакуумных приборов в организованных им научно-технических центрах советской электроники.

В 1944 г. Е. К. Завойский (ныне академик, лауреат Ленинской премии) открыл явление электронного парамагнитного резонанса, ставшее основой важного направления радиоспектроскопии. Это направление способствовало возникновению важной ветви квантовой радиоэлектроники — малошумящих парамагнитных усилителей.

Велик также вклад наших ученых в развитие телевидения.

В основе всех телевизионных передающих устройств лежит явление так называемого внешнего фотоэффекта, заключающегося в вырывании светом электронов с поверхности металла. Законы, которым подчиняется это явление, и основные условия, при которых оно может быть практически использовано, установлены были еще в прошлом веке великим русским физиком А. Г. Столетовым. Им же был построен первый фотоэлемент.

Как уже указывалось выше, Б. Л. Розинг предложил применить для приема изображений электроннолучевую трубку. Создание современной передающей электронной системы также связано с работами советских ученых. В 1930—1931 гг. С. И. Катаев предложил проект передающей электроннолучевой трубки с мозаичным фотокатодом (иконоскоп).

Важным фактором, обеспечивающим высокую чувствительность современных передающих телевизионных трубок, является применение в них многократного вторичного электронного умножителя, первые действующие модели которого были созданы в 1930 г. Л. А. Кубецким.



Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, академик Владимир Александрович Фок (род. 22 декабря 1898 г.)

В 1932 г. С. И. Катаев предложил новый принцип построения передающих трубок, дальнейшее развитие которого П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым позволило создать высокочувствительную телевизионную трубку с переносом изображения, известную под названием суперэмитрон.

Профессор Г. В. Брауде создал оригинальную систему телекино и предложил в 1938 г. электронную систему, использованную позднее в сверхчувствительной передающей телевизионной трубке, называемой суперортиконом.

Благодаря неустанной заботе Коммунистической партии радио в нашей стране за годы советской власти превратилось в могучее средство коммунистического воспитания трудящихся. Оно стало пропагандистом и популяризатором бессмертных идей марксизма-ленинизма, передового опыта новаторов производства, достижений социалистической науки и искусства.

Большим недостатком проволочного вещания была его «однопрограммность». Радиоузлы могли транслировать только одну программу, и абоненты не имели никакого выбора.

Научно-исследовательский институт связи СССР разработал систему многопрограммного вещания по проводам. Она обеспечивает транслирование трех программ. Теперь владельцы радиоточек в ряде городов смогут выбирать любую из трех программ.

Значительные успехи достигнуты коллективом советских ученых под руководством академика В. А. Котельникова в радиолокации планет.

Помимо применения больших антенн, мощных передатчиков и высокочувствительных приемников, была создана специальная аппаратура для выделения слабых сигналов на фоне шумов.

Был создан космический радиолокатор, с помощью которого осуществлена радиолокация Венеры (1961—1962 гг.), затем Меркурия (1962 г.), Марса (1963 г.) и Юпитера (1964 г.).

Новой совершенной аппаратурой оснащены теперь наши войска связи. Радиоэлектроника стала важным средством в обороне страны.

«В годы минувшей войны мы не имели радиостанций, позволявших вести беспоисковую и бесподстроечную радиосвязь — сейчас мы их имеем, —



Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, академик Владимир Александрович Котельников (род. 6 сентября 1908 г.)

сообщал маршал войск связи А. И. Леонов, — у нас не было радиорелейных станций — сейчас они есть; мы не имели буквопечатающей радиосвязи, сейчас имеем; у нас не было подвижных узлов связи — сейчас они есть; у нас не было каналообразующей аппаратуры — сейчас она имеется всюду.

А разве не достижение, что все средства передачи и приема разнообразной информации по управлению войсками смонтированы на быстроходных и вездеходных машинах!

Радиоэлектроника является теперь душой всех автоматизированных процессов современного общевойскового боя и управления современными видами оружия».

Бурное развитие получило в последние годы отечественное телевидение.

Еще в 1953 г. в СССР работало всего три телевизионных центра: в Москве, Ленинграде и Киеве. Их передачи принимали 225 тыс. телевизоров.

К 7 мая 1970 г. в стране работало около 130 телевизионных центров, более 800 ретрансляционных станций, передачи которых принимались на 32 млн. телевизоров.

Советское телевидение вышло в 1961 г. на мировую арену. Это было в исторические дни космического полета Ю. А. Гагарина.

Первая телевизионная передача, которую вместе с советским народом смотрели телезрители Англии, Польши, Швеции, Чехословакии и ряда других стран Европы, была посвящена встрече героя космонавта москвичами.

Теперь наша страна может осуществлять обмен телевизионными программами со всеми европейскими странами.

В 1962 г. советское телевидение впервые осуществило передачи из космоса во время группового полета космонавтов А. Г. Николаева и П. Р. Поповича. Проводились сеансы телевидения во время космических полетов В. Ф. Быковского и нашей Чайки — первой женщины-космонавта В. В. Терешковой.

Телевидение позволило 18 марта 1965 г. миллионам людей видеть волнующий момент, когда космонавт Алексей Леонов вышел из корабля, провел научные наблюдения в свободном парении и затем вернулся на корабль.

Все последующие свершения нашей страны в космосе сопровождались телевизионными передачами. Во время группового полета трех космических кораблей в октябре 1969 г. проводились телевизионные репортажи: командиры кораблей знакомили телезрителей с членами экипажей.

С огромными достижениями пришла советская радиоэлектроника к 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции.

С октября 1967 г. советское телевидение начало регулярные цветные передачи.

В сказочно быстрый срок создана система «Орбита». Связь через спутники «Молния-1» более эффективна и выгодна, чем радиорелейные линии. 23 первые станции «Орбита» подключили к телевидению до 20 миллионов зрителей отдаленных районов нашей страны.

К ноябрю 1967 г. построена первая очередь Останкинского общесоюзного телецентра имени 50-летия Октября с единственной в мире свободностоящей башней высотой 533 *м*.

В этот же день начались передачи четвертой программы центрального телевидения. Митинг с миллионной аудиторией, о которой мечтал Великий

Ленин, к 100-летию со дня его рождения стал митингом зримым. Московские телевизионные передачи смотрит вся страна.

В 1970 г. отечественная радиопромышленность выпустила 14,5 млн. радиоприемников, радиол и телевизоров.

Радиотехника и электроника внедряются во все отрасли науки и техники. Успехи радиоэлектроники определяют уровень технического прогресса. Большое значение приобретает применение электронно-вычислительных машин.

Советская радиоэлектроника ведет наступление широким фронтом. Не случайно многие крупнейшие советские ученые, работающие в области радиоэлектроники, получили высокое звание Героя Социалистического Труда.

Советские радиоспециалисты, рабочие радиозаводов и радиолюбители-патриоты прилагают все силы к тому, чтобы множить успехи советской радиотехники во имя дальнейшего укрепления могущества нашей Родины, во имя торжества коммунизма.

ЛАУРЕАТЫ ЗОЛОТОЙ МЕДАЛИ ИМЕНИ А. С. ПОПОВА

Берг Аксель Иванович (род. 10 ноября 1893 г.) — Герой Социалистического Труда, академик (с 1946 г.), инженер-адмирал, Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1951 г. Штурман подводной лодки во время первой мировой войны. Во время гражданской войны командовал подводными лодками. Окончил в 1925 г. электротехнический факультет Военно-морской академии и одновременно сдал экзамен за полный курс Военно-морского инженерного училища. Преподавал радиотехнику в высших военно-морских учебных заведениях. С 1930 г. профессор Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина). С 1936 г. доктор технических наук. Не прекращая педагогической работы, с 1927 г. руководил вооружением Военно-морского флота радиосредствами, внедрением коротких волн, гидроакустики. С 1932 г. продолжал эту деятельность как начальник научно-исследовательского Морского института связи. В 1943 г. — зам. наркома электропромышленности и зам. председателя Совета по радиолокации (затем Комитета по радиолокации при СНК СССР). С 1953 г. — заместитель министра обороны. С 1957 г. после перенесенной тяжелой болезни перешел на работу в Академию наук СССР, где с 1959 г. возглавляет Совет по кибернетике, занимаясь внедрением электронно-вычислительных машин в народное хозяйство и науку, вопросами использования радиоэлектроники в медицине, биологии, педагогике.

Большую роль играет научно-организаторская и общественная деятельность А. И. Берга на посту председателя Всесоюзного научного совета по радиофизике и радиотехнике АН СССР (1950—1963 гг.), председателя правления Всесоюзного научно-технического общества радиотехники и электросвязи им. А. С. Попова (1950—1955 гг.).

Труды ученого посвящены разработке теории и методов проектирования ламповых генераторов, стабилизации частоты, распространения радиоволн и пеленгации. Он автор ряда учебников по радиотехнике и электронике.

Аксель Иванович принимает большое участие в развитии радиолюбительства. Много лет был председателем выставочных комитетов Всесоюзных выставок радиолюбительского



Берг А. И.



Введенский Б. А.

творчества ДОСААФ. Он член редколлегий журнала «Радио» и Массовой радиобиблиотеки издательства «Энергия». В последней активно работает 24 года, причем первые 7 лет МРБ выходила под его общей редакцией.

Введенский Борис Алексеевич (19 апреля 1893 г. — 1 июня 1969 г.). Герой Социалистического Труда, академик (с 1943 г.), лауреат Государственной премии СССР. Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1949 г. Окончил физико-математический факультет Московского университета (1915 г.). Преподавал в МГУ и других высших учебных заведениях. С 1929 г. профессор. Работал во Всесоюзном электротехническом институте (1927—1935 гг.) и в Физическом институте АН СССР (1941—1944 гг.). В 1946—1953 гг. — член президиума АН СССР, а в 1946—1951 гг. — академик-секретарь отделения технических наук АН СССР. С 1951 г. — главный редактор Большой Советской Энциклопедии. С 1953 г. одновременно работал в Институте радиотехники и электроники АН СССР.

Еще в 1924 г. получила большую популярность книга Б. А. Введенского «Физические явления в катодных лампах», выдержавшая четыре издания. Основные работы ученого относятся к изучению распространения ультракоротких волн. В 1928 г. им установлены основные закономерности распространения УКВ над земной поверхностью в пределах прямой видимости между передающей и приемной радиостанцией.

В 1929 г. им была построена радиовещательная УКВ станция, а в 30-х годах проводились первые опыты связи на дециметровых волнах в экспедициях на Черном море, позволившие ученому доказать возможность распространения УКВ за пределами прямой видимости и дать формулу для расчета напряженности поля УКВ за горизонтом.

Научная и литературно-редакционная работа Б. А. Введенского была отмечена тремя орденами Ленина и двумя орденами Трудового Красного Знамени.

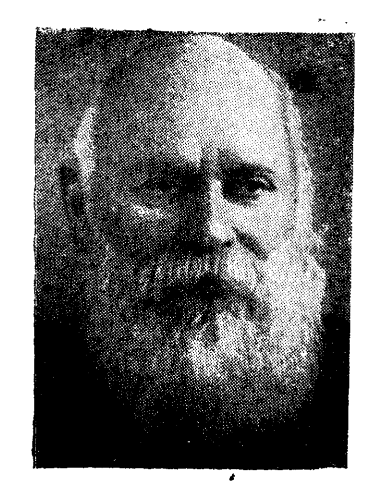
Векшинский Сергей Аркадьевич (род. 27 октября 1896 г.). Герой Социалистического Труда (1956 г.), академик (с 1953 г.). лауреат Государственных премий. Золотой медалью имени А. С. Попова награжден в 1962 г.

Учился в Ленинградском и Донском Политехнических институтах. С его именем связано развитие советской электроники. В 1922—1928 гг. — главный инженер электровакуумного завода в Ленинграде, а с 1928 г. — руководитель лаборатории завода «Светлана». С 1936 г. — главный инженер, а затем консультант завода «Светлана». С 1941 г. занимался разработкой нового метода получения и исследования металлических сплавов. Монография об этом методе удостоена Государственной премии (1944 г.).



Векшинский С. А.

Создал ряд новых электронных приборов.


Вологдин В. П.

Вологдин Валентин Петрович (22 марта 1881 г. — 23 апреля 1953 г.). Член-корреспондент АН СССР (с 1939 г.), заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1942 г.), лауреат Государственной премии (1943—1952 гг.). Ему присуждена первая Золотая медаль имени А. С. Попова в 1948 г. Окончил Петербургский технологический институт (1907 г.).

Основной специальностью избрал машины высокой частоты. Первые машины были разработаны им в Радиотелеграфном депо еще до Великого Октября. Создал несколько типов машин высокой частоты 50 и 150 *квт* для Ходынской (Октябрьской) радиостанции. В 1919 г. разработал первый в мире высоковольтный ртутный выпрямитель. С 1918 г. он работал в Нижегородской радиолаборатории. С 1921 г. — профессор Нижегородского университета. С 1923 г. — директор по радио Треста заводов слабого тока.

Вел педагогическую деятельность в Ленинградском электротехническом институте, организовал здесь лабораторию электротехники высоких частот, преобразованную в 1947 г. в Научно-исследовательский институт токов высоких частот. В лаборатории В. П. Вологдина началось промышленное применение токов высокой частоты. Были созданы печи высокой частоты для плавки металлов, индукционные печи, для питания которых применялись машины высокой частоты и ламповые генераторы.

В 1935 г. совместно с Б. Н. Романовым предложил использовать токи высокой частоты для поверхностной закалки металлов. В последующие годы В. П. Вологдин с учениками разработал методы высокочастотной пайки, сварки и упрочнения деталей, создав новую область техники — высокочастотную промышленную электротехнику.

Теперь высокочастотная закалка нашла широкое применение в отечественной промышленности и за рубежом.


Леонтович М. А.

Леонтович Михаил Александрович. (род. 9 марта 1903 г.). Советский физик, академик (с 1946 г.), лауреат Ленинской премии (1958 г.). Золотой медалью имени А. С. Попова награжден в 1952 г. Окончил МГУ (1923 г.). Работал в комиссии по исследованию Курской магнитной аномалии. С 1929 г. научный сотрудник физического института МГУ и затем физического института АН СССР. В 1934—1945 гг. и с 1955 г. — профессор МГУ. С 1951 г. работает в Институте атомной энергии АН СССР. Результатом научной деятельности М. А. Леонтовича явились выдающиеся теоретические работы по радиофизике и радиотехнике и крупнейшие достижения в области практической радиотехники.

Ему принадлежит свыше 80 научных работ по различным разделам теоретической физики: оптике, термодинамике,



Минц А. Л.

ядерной физике, электродинамике, теории колебаний, статистической физике и физике плазмы. Его фундаментальные работы по распространению радиоволн над поверхностью земли вывели теорию этого вопроса из тупика (1940 г.), а совместная работа с академиком В. А. Фоком решила задачу о влиянии кривизны земли на распространение радиоволн и дала метод расчета электромагнитного поля за пределами прямой видимости.

Минц Александр Львович (род. 8 января 1895 г.). Герой Социалистического Труда, академик с 1956 г., лауреат Ленинской и Государственных премий. Золотой медалью им. А. С. Попова награжден в 1950 г.

Учился в Московском и Донском (Ростов н/Д) государственных университетах. Участник гражданской войны. Командовал радиодивизионом 1-й Конной Армии Буденного. Участвовал в операциях на Кавказском, Польском и Крымском фронтах. С 1922 г. — начальник радиолаборатории Высшей военной школы связи, где разработал первую ламповую радиостанцию (АЛМ), принятую на вооружение Красной Армии. С 1924 г. руководил строительством и затем работой Сокольнической радиостанции НИИ связи Красной Армии (Москва), где 12 октября 1924 г. началось впервые систематическое радиовещание.

На этой станции, ставшей опытной базой и научной лабораторией радиовещания, А. Л. Минцем подготовлена группа высококвалифицированных строителей радиостанций и проведено много важных начинаний в области радиовещания: трансляция опер из Большого театра, бой часов Спасской башни Кремля и др.

Деятельность А. Л. Минца — строителя радиостанций и руководителя Комбината мощного радиостроения — освещена в предыдущей статье.

В 1946 г. А. Л. Минцу поручено проектирование мощного фазотрона. Коллектив проектировщиков вырос затем в радиотехнический институт АН СССР. Здесь спроектированы наиболее мощные в мире фазотрон на 680 млн. *эв* (1949—1953 гг.), синхрофазотрон на 10 млрд. *эв* (1957 г.), разработана радиоэлектронная аппаратура для самого мощного протонного синхротрона на 70 млрд. *эв*. В 1929—1930 гг. преподавал в Ленинградском политехническом институте, а в 1930—1938 гг. был профессором Ленинградского института связи.

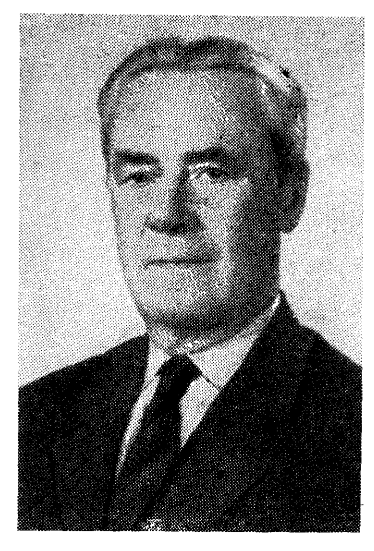
Его многочисленные исследования (он автор 120 капитальных научных работ и свыше 50 изобретений) относятся к различным областям радиотехники и электроники. Но наибольшее значение деятельность А. Л. Минца имеет для развития техники радиопередающих устройств, областей техники, где применяются мощные высокочастотные генераторные установки, и ускорителей элементарных частиц.

Пистолькорс Александр Александрович (род. 10 октября 1896 г.). Член-корреспондент АН СССР (с 1946 г.). Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1956 г. Первые знания по радиотехнике получил в Петербургской офицерской электротехнической школе. Был начальником радиостанции на Кавказском фронте в первую мировую войну. В 1927 г. окончил Московское высшее техническое училище, получив специальность инженера-электрика.

Трудовую деятельность начал в Нижегородской радиолаборатории под руководством М. А. Бонч-Бруевича (1926—1928 гг.) и продолжал в Центральной радиолаборатории в Ленинграде (1929—1942 гг.). Преподавал

в Ленинградском электротехническом и Ленинградском институте инженеров связи (1931—1945 гг.). В 1945—1950 гг. — профессор Московского института инженеров связи.

Большая часть работ ученого посвящена теории и технике антенн и антенно-фидерных устройств. Александр Александрович — виднейший специалист в этой области. Его работы сыграли важную роль в развитии радиосвязи и радиовещания. В начальный период применения коротких волн большое значение имели работы А. А. Пистолькорса, позволившие создать метод инженерного расчета сложных антенн. Широко известны его труды в области теории двухпроводных несимметричных линий, расчета антенн по заданной диаграмме направленности. Разработки и исследования А. А. Пистолькорса в области щелевых антенн значительно опередили ряд зарубежных исследований, закрепив наш приоритет. Ему принадлежит также ряд важных изобретений в области антенной и измерительной техники, а также разработки антенн для войсковой связи и радиолокации.



Пистолькорс А. А.

Рытов Сергей Михайлович (род. 3 июля 1908 г.). Крупный советский специалист в области радиофизики, профессор, доктор физико-математических наук, член-корреспондент АН СССР (с 1968 г.). Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1959 г.

Окончил физико-математический факультет Московского государственного университета в 1930 г.

Работы ученого по теории стабилизации частоты (совместно с А. М. Прохоровым и М. Е. Жаботинским) удостоены в 1948 г. премии имени Л. М. Мандельштама.

Научные работы Рытова С. М. относятся к теории колебаний (нелинейные и параметрические системы), теоретической радиотехнике (модуляция, стабилизация частоты генераторов), электродинамике, статистической радиофизике (теория теплового излучения, флуктуации в автогенераторах). Открыл ряд новых направлений в радиофизике и выдвинул советскую науку на передовые позиции в этой отрасли знания.

Рытов С. М.

С. М. Рытов награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени.

Хайкин Семен Эммануилович (8 августа 1901 — 30 июня 1968 г.). Профессор, доктор физико-математических наук (с 1935 г.). Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1965 г.

В 1918 г. поступил на Московские высшие радиотехнические курсы и по окончании их в 1919 г. ушел добровольцем в Красную Армию. Участвовал в гражданской войне в войсках связи. После демобилизации в 1924 г. учился на физико-математическом факультете МГУ и работал







Хайкин С. Э. **Эссен Л.**

радиотехником в обществе «Радиопередача». С 1939 по 1946 г. в МГУ вел педагогическую и научную работу сначала доцентом, а затем профессором; заведовал кафедрой общей физики. Во время Великой Отечественной войны — начальник лаборатории в радиопромышленности. С 1946 г. заведовал кафедрой в Московском механическом институте. С 1954 г. зав. отделом радиоастрономии Главной астрономической обсерватории АН СССР.

С. Э. Хайкин один из основоположников отечественной экспериментальной радиоастрономии. Под его руководством в 1956 г. в Пулкове построен радиотелескоп, работающий на сантиметровых волнах; разработан проект гигантского радиотелескопа, предложенный на Международном астромическом съезде в Гамбурге советскими астрономами в качестве международного.

Совместно с академиком А. А. Андроновым и И. Е. Виттом С. Э. Хайкин создал фундаментальный труд «Теория колебаний». Он автор ряда известных учебников по физике и механике.

Замечательный популяризатор радиотехнических знаний и высококвалифицированный редактор С. Э. Хайкин много лет был научным редактором и членом редколлегий журналов «Радио — всем», «Радиофронт», «Радио». Им написан ряд популярных книг: «Незатухающие колебания», «Электромагнитные колебания и волны», «Словарь радиолюбителя», вышедшие в Массовой радиобиблиотеке.

Награжден орденом Трудового Красного Знамени (1953).

Эссен Льюис. Крупнейший английский ученый, доктор наук, сотрудник национальной лаборатории. Золотая медаль имени А. С. Попова присуждена в 1959 г. по представлению Королевского общества (Английская академия наук). Эссен известен своими трудами в области радиоизмерений и создания кварцевых часов. Он применил достижения радиоспектроскопии для увеличения стабильности генераторов радиочастот.

Разработанный ученым атомный стандарт частоты введен в 1955 г. в регулярную службу времени. Кроме того, Л. Эссеном проведены работы по точному измерению скорости распространения света радиотехническими методами.

РАДИОЛЮБИТЕЛИ-ЭНТУЗИАСТЫ СОВЕТСКОЙ РАДИОТЕХНИКИ [1]

Советское радиолюбительство вступило в зрелый возраст. В 1969 г. ему исполнилось 45 лет, так как свое летоисчисление радиолюбители ведут с 1924 г., когда вышло постановление Советского правительства «О частных приемных радиостанциях», положившее начало радиовещанию, радиофикации и массовому радиолюбительству.

Но зарождение радиолюбительства произошло значительно раньше этой даты.

Колыбелью радиолюбительства в нашей стране была Нижегородская радиолаборатория. Начинания этого первого в СССР научно-исследовательского радиотехнического института по пропаганде радиотехнических знаний пробудили интерес к радиотехнике не только среди нижегородцев, но и среди жителей многих областей РСФСР. Когда же в Нижнем Новгороде начались первые опыты по радиовещанию, стало быстро развиваться радиолюбительство.

Уже первые опыты М. А. Бонч-Бруевича по радиовещанию показали, что все эти эксперименты нуждаются в активной аудитории, способной, во-первых, принимать эти передачи, а во-вторых, быстро откликаться на запросы о слышимости радиопередач и тем самым помогать определению радиуса действия и качества работы первых радиотелефонных передатчиков.

Работники радиолаборатории и в особенности профессор В. К. Лебединский старались помочь развитию радиолюбительства.

В журналах «Телеграфия и телефония без проводов» (ТиТбп) и «Техника связи» начинают появляться статьи и заметки о радиолюбительстве.

В сентябрьском номере журнала «ТиТбп» за 1922 г. помещается статья профессора И. Г. Фреймана (1890—1929), посвященная радиолюбительству. Имант Григорьевич Фрейман, один из создателей школы советских радиоспециалистов и один из основоположников советского радиолюбительства, пишет в этой статье: «Вопрос об использовании радиостанций для любительских наблюдений и исследований был мною поднят на I Всероссийском съезде общества любителей мироведения в Петрограде в 1921 г. Там он встретил исключительно сочувственное отношение, выразившееся в соответствующей резолюции. Вопрос об образовательном значении любительских радиостанций был мною поднят в том же году (октябрь 1921 г.) на VIII Всероссийском электротехническом съезде в Москве. Съезд вполне разделил высказанный мною взгляд в вынесенной резолюции». [2]

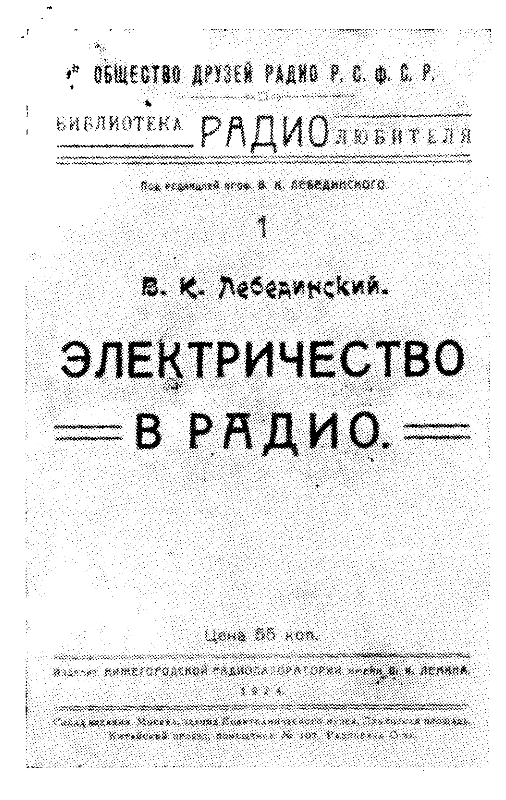
Говоря далее о важности массовых экспериментов, о том, что трудно учесть ту пользу, которую принесло бы широкое увлечение радиолюбительством, И. Г. Фрейман приходит к выводу, что «нам нужны многие тысячи экспериментаторов»... Конечно, такой массы профессиональных радиоспециалистов мы не наберем, к тому же профессионалы редко бывают заражены тем энтузиазмом, который охватывает любителей, людей, одержимых страстью

Профессор Владимир Константинович Лебединский — неутомимый пропагандист радиотехнических знаний.

---

[1] Автор В. А. Бурлянд.

[2] Съезд постановил по докладу И. Г. Фреймана: «Признать желательным допустить устройство приемных любительских радиостанций».



Первая брошюра «Библиотеки радиолюбителя».

к радиоработе. Бывают же страстные охотники, удильщики, альпинисты.

Оказывается, что бывают и страстные радиолюбители.

Если первые дали много ценного зоологии, ботанике, географии, то последние могут быть еще полезнее нашей радиотехнике собиранием разнообразного экспериментального материала и непосредственной поддержкой нашей радиопромышленности».

Утверждая далее, что при помощи радиолюбителей можно достигнуть широкого размаха радиофикации, Имант Григорьевич заканчивает свою статью призывом:

«Нам безусловно необходимо создать радиомассы».

Учитывая, что все это писалось почти 50 лет тому назад, нельзя не признать за автором этих строк умение далеко видеть вперед. Таков этот талантливый педагог и ученый, не проживший и сорока лет, но успевший много сделать для укрепления обороноспособности нашей Родины, развития радиопромышленности и подготовки радиоспециалистов.

«Курс радиотехники», написанный И. Г. Фрейманом в годы гражданской войны, опередил многие иностранные учебники того времени по широте обобщений и успешному инженерному решению ряда важных вопросов.

Выпуском литературы для радиолюбителей занялся профессор В. К. Лебединский. Под его редакцией издавалась «Библиотека радиолюбителя», первые выпуски которой датированы 1923 г. Всего издано пять выпусков. Эта библиотечка в последующие годы несколько раз переиздавалась.

Радиоспециалисты лаборатории читали лекции, проводили устные консультации для радиолюбителей, отвечали на многочисленные письма.

Одним из самых деятельных поборников развития радиолюбительства из числа научных сотрудников Нижегородской радиолаборатории был инженер Сергей Иванович Шапошников. В журнале «Техника связи» еще до того, как стал издаваться журнал «Радиолюбитель», под инициалами С. Ш. он поместил описание необычайно простого самодельного телефона, смонтированного в баночке из-под гуталина.

В 1923 г. С. И. Шапошниковым был сконструирован детекторный приемник, который изготовлялся в мастерских радиолаборатории и распространялся среди первых радиослушателей.

Эти приемники, выпускавшиеся в точеных цилиндрических деревянных коробках работы семеновских кустарей, многим выдавались безвозмездно. От счастливцев, получивших возможность слушать радиопередачи, требовалось только регулярно извещать лабораторию о слышимости ее радиовещания.

№ 7 РАДИОЛЮБИТЕЛЬ 107

Самодельный приемник с диапазоном волн от 330 до 1500 мт.

Инж. С. И. Шапошников

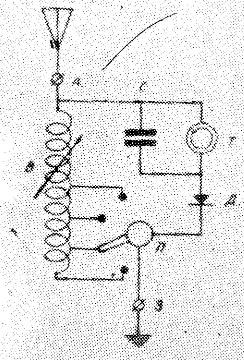


Рис. 1. Принципиальная схема приемника

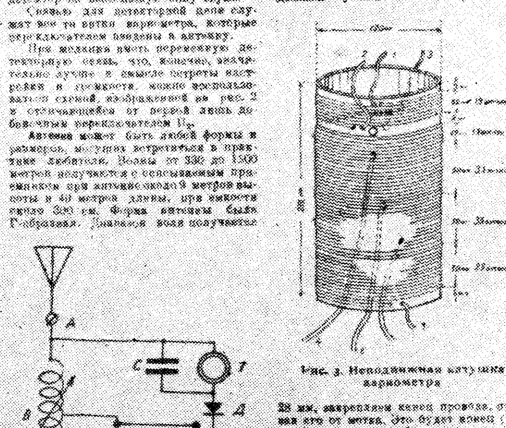


Рис. 2. Схема с переменной детекторной связью

Рис. 3. Неподвижная катушка вариометра

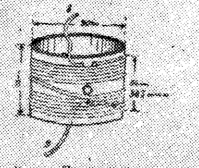


Рис. 4. Подвижная катушка вариометра

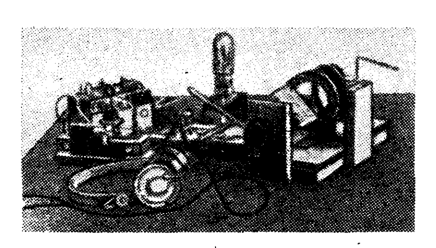
Описание детекторного приемника С. И. Шапошникова в журнале «Радиолюбитель» № 7 за 1924 г.

В 1924 г. С. И. Шапошников разработал по заданию редакции журнала «Радиолюбитель» весьма простой детекторный приемник без конденсатора переменной емкости и описал его устройство в журнале. Этот приемник получил огромное распространение благодаря сочетанию хороших электрических качеств с простотой изготовления.

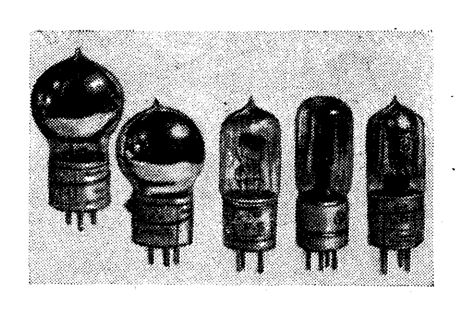
Несколько поколений радиолюбителей начинали свою конструкторскую и учебную деятельность с приемника Шапошникова.

С. И. Шапошников с 1925 г. сотрудничал в журнале «Радиолюбитель» под псевдонимом «Атом», вел отдел «Расчеты и измерения радиолюбителя», писал популярные брошюры и книги.

В Нижегородской радиолаборатории был разработан также весьма оригинальный радиоприемник — микродин. Это был регенеративный радиоприемник, для накала нитей ламп которого достаточно было напряжение всего 2 *в*.



Радиоприемник «Микродин» Б. Л. Максимовых. Он мог работать без анодной батареи.



Электронные лампы первых лет радиовещания. Слева направо: УТ-1 — усилительная, «Микро ДС» (двухсеточная, работала с пониженным напряжением на аноде), Р5, лампа выпуска Нижегородской радиолаборатории, лампа «Микро».

Впервые описание этого приемника было помещено М. А. Бонч-Бруевичем и Б. Л. Максимовых в майском номере журнала «Хочу все знать» за 1925 г., но сделан он был значительно раньше. М. А. Бонч-Бруевич понимал, что для развития радиолюбительства нужны экономичные приемники и, конечно, экономичные лампы. А в то время единственной электронной приемно-усилительной лампой была лампа типа Р5, требовавшая для накала ток 0,6 *а*. Питать лампы от сетей переменного тока в те годы не умели.

М. А. Бонч-Бруевич руководил разработкой микродина и, заботясь о его экономичности, сконструировал специальную очень экономичную по тем временам лампу «Малютка».

Микродин мог работать без анодной батареи или с минимальным анодным напряжением. Описание микродина было опубликовано Ф. А. Лбовым в журнале «Радиолюбитель». Этот приемник получил большое распространение среди радиолюбителей.

Руководители радиолаборатории привлекли к работе талантливую молодежь. Это были будущие инженеры и конструкторы, ведущие работники радиопромышленности.

Но уже в те годы получили международную известность молодые сотрудники радиолаборатории Федор Лбов и Олег Лосев. Сигналы самодельного передатчика Федора Алексеевича Лбова, первого советского коротковолновика, ученого-самородка, в январе 1925 г. были услышаны за границей. Олег Владимирович Лосев, талантливый ученый-физик, изобретатель кристадина, был по сути дела первым человеком в мире, использовавшим полупроводниковый прибор для усиления радиосигналов.



Первый советский коротковолновик Федор Алексеевич Лбов.

Следует вспомнить и о юном радиолюбителе Мите Малярове, начавшем свою работу в мастерской электронных ламп у М. А. Бонч-Бруевича. В конце своей недолгой жизни (он умер во время блокады Ленинграда почти одновременно с О. В. Лосевым) Д. Е. Маляров совместно с Н. Ф. Алексеевым построили первый советский многокамерный магнетрон, идея которого была предложена М. А. Бонч-Бруевичем.

Все это подготовило почву для того, чтобы создать первую в стране радиолюбительскую организацию.

По инициативе В. К. Лебединского и с помощью сотрудников радиолаборатории было организовано Нижегородское общество радиолюбителей (НОР).

По почину нижегородцев начали возникать радиокружки в Москве и Московской области, в Ленинграде и еще в некоторых городах. Но подлинно массовое радиолюбительство широкой волной разлилось по стране после постановления Совнаркома СССР от 28 июля 1924 г. «О частных приемных радиостанциях. Радиолюбителям наших дней, имеющим дело с транзисторами, строящим автоматические диктофоны, приемники для «охоты на лис», мечтающим об аппаратуре на микромодулях, мало известно прошлое советского радиолюбительства. Они, вернее всего, не слыхали о рупорах для громкоговорителей, изготовлявшихся из кассовой ленты.



Олег Владимирович Лосев.

История советского радиолюбительства содержит много славных дел.

В Москве пионерами этого движения стали профсоюзы. К осени 1924 г. в столице насчитывалось 60 радиокружков и было создано Бюро содействия радиолюбительству (Радиобюро МГСПС) с лабораторией, технической консультацией и курсами по подготовке инструкторов — руководителей радиокружков.

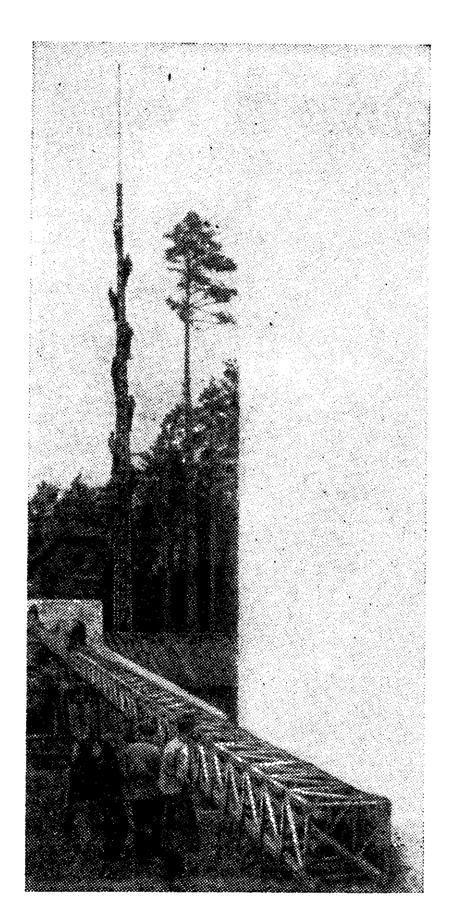
Радиобюро организовало издание журнала «Радиолюбитель», сыгравшего большую роль в развитии советского радиолюбительства. Этот первый радиолюбительский журнал, выходивший 2 раза в месяц и издававшийся тиражом 50 тыс. экземпляров, опубликовал на своих страницах описания многих самодельных конструкций радиоприемников, измерительных приборов, усилителей и другой любительской аппаратуры, строившихся затем в радиокружках и отдельными радиолюбителями. Журнал был учебником и практическим руководством для первых поколений радиолюбителей в Советском Союзе.

Радиобюро МГСПС арендовало радиостанцию в Сокольниках и с 12 октября 1924 г. организовало впервые в СССР регулярное радиовещание по заранее объявляемой в газетах программе. Через Сокольническую радиостанцию были осуществлены первые трансляции концертов из Дома союзов и опер из Большого театра, передачи технической консультации для радиолюбителей.

Радиобюро МГСПС осуществило первый опыт радиофикации деревни силами активистов из радиокружков. К концу 1925 г. было радиофицировано 205 сельских изб-читален Московской области. Почин москвичей был затем подхвачен по всей стране. Тысячи громкоговорящих радиоустановок (в то время это были громоздкие радиоприемники с аккумуляторами и высоко подвешенными антеннами) были смонтированы радиолюбителями.

В августе 1924 г. в Москве было создано Общество друзей радио (ОДР), ставшее с 1926 г. всесоюзной организацией. Оно издавало журнал «Радио — всем», переименованный затем в «Радиофронт», с которым в 1931 г. объединился журнал «Радиолюбитель».

С марта 1933 г. руководство радиолюбительством перешло к ЦК ВЛКСМ, при котором был создан Комитет содействия радиофикации страны и развитию радиолюбительства. А в 1935 г. руководство радиолюбительским движением в стране было передано Всесоюзному комитету по радиофикации и радиовещанию при Совете Народных Комиссаров СССР. Коротковолновым радиолюбительством стал руководить Центральный совет Осоавиахима.



Подъем мачты в одном из первых школьных радиокружков Московской обл.

Уже в первые годы радиовещания силами радиолюбителей и на средства, собранные радиолюбительскими организациями, было построено 15 радиовещательных станций.

В Киеве первая радиостанция была построена на средства, собранные от выпуска одного номера журнала «Радио для всех». Ряд радиозаводов вырос из радиолюбительских мастерских (в Москве, Киеве, Туле и других городах).

Тесно связанное с практикой социалистического строительства советское радиолюбительство носит творческий патриотический характер. Это — подлинно народная радиолаборатория, объединяющая энтузиастов радиодела, отдающих свой досуг конструкторской работе и серьезной, пытливой учебе во всех областях радиотехники. Радиолюбители построили тысячи радиоузлов, сотни тысяч радиоприемников и дали стране десятки тысяч техников-практиков для обслуживания радиоустановок.

Являясь массовой школой подготовки радиокадров, радиолюбительство вырастило в своих рядах замечательных специалистов, ставших видными инженерами, учеными.

Много сделали радиолюбители для развития коротковолновой связи и ее внедрения в различные отрасли народного хозяйства.

Спортивное начало, заложенное в коротковолновом любительстве, способствовало подготовке замечательных радистов из числа коротковолновиков, великолепно знающих радиотехнику и отлично владеющих телеграфной азбукой. Коротковолновики стали первыми радистами-операторами в тех ведомствах, где начинали применять коротковолновую связь.

Радист-радиолюбитель Э. Т. Кренкель, впервые применивший короткие волны в Арктике 12 января 1930 г., во время зимовки на Земле Франца Иосифа, установил на своем небольшом передатчике исключительный для того времени рекорд: связь с американской экспедицией Бэрда, находившейся вблизи Южного полюса, в Антарктиде.

Радиолюбители-коротковолновики М. Д. Липманов, а за ним Н. А. Байкузов (впоследствии генерал-майор, первый редактор журнала «Радио») первыми установили многочисленные связи на коротких волнах с воздушного шара.

Юный коротковолновик Николай Шмидт первым принял в Вохме сигнал бедствия экспедиции Нобиле.

Коротковолновик В. И. Ванеев успешно организовал коротковолновую связь на приисках в Восточной Сибири. Радиолюбители завода им. Орджоникидзе были инициаторами использования коротковолновых станций в сельском хозяйстве для связи тракторных бригад с совхозами.

Коротковолновики первыми применили свои радиостанции на маневрах Красной Армии. Они экспериментировали со своими передатчиками в поездах, обслуживали коротковолновой связью торговые суда морского флота, учебный парусник «Вега» в плавании вокруг Европы. Коротковолновики поднимались со своей аппаратурой на вершины гор, участвовали в десятках экспедиций, в том числе в Памирской, Чукотской и в пустыню Каракум, организованных Академией наук СССР.



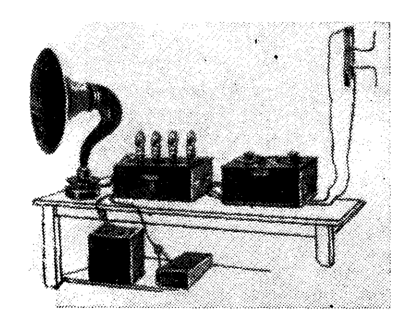
Первый номер журнала «Радиолюбитель».

Радиолюбители работали в области ультракоротких волн, открывая дорогу применению УКВ в различных отраслях народного хозяйства. Они первыми использовали УКВ на железнодорожном и автомобильном транспорте, в борьбе с лесными пожарами, для радиорепортажа, в парашютном и планерном спорте.

Уже за несколько лет до Великой Отечественной войны опытные радиолюбители перешли от копирования радиоаппаратуры, описание которой публиковалось в журналах, к самостоятельному конструкторскому творчеству. Этому способствовали всесоюзные заочные радиовыставки, проводившиеся с 1935 г. Они воспитывали интерес к конструкторской работе среди радиолюбителей и стали средством широкого обмена опытом между ними.

Во время Великой Отечественной войны тысячи радистов получили ордена и медали за доблесть, мужество и отличное выполнение боевых заданий. Среди них много радиолюбителей.

В своей книге «Радио — могучее средство обороны страны» (Воениздат, 1948 г.) маршал войск связи И. Т. Пересыпкин рассказывает о воинах-радистах, вышедших из рядов радиолюбителей: «их знания радиотехники, умение не пасовать перед любыми техническими трудностями, высокое мастерство нашли широкое применение на фронтах Великой Отечественной войны. Многие радиолюбители стали отличными офицерами-радистами, опытными организаторами радиосвязи в частях и соединениях Советской Армии, героями Великой Отечественной войны. Немало радиолюбителей работало в армейских радиомастерских в качестве радиотехников.


Громкоговорящая установка «Радиолина». Выпускалась с 1924 г.

Известный радиолюбитель-конструктор Г. А. Бортновский был начальником походной радиомастерской. Его мастерская, лично им смонтированная в автомобиле, была подлинной «скорой помощью» на фронте. Замечательная работа офицера Бортновского отмечена двумя высокими правительственными наградами. Таких примеров можно привести немало.

Опытные коротковолновики успешно руководили организацией радиосвязи в крупных соединениях Советской Армии (полковник Соко-




Журнал «Радиофронт» издавался с 1930 по 1941 г.



На средства, полученные от издания этого номера журнала, в Киеве была достроена радиостанция на Печерске.

лов, подполковник Камалягин, майор Лифшиц и др.). Коротковолновик В. Ф. Ширяев прибыл на фронт в 1943 г. лейтенантом. В 1945 г. гвардии инженер-майор Ширяев, награжденный шестью орденами, являлся начальником радиосвязи одного прославленного танкового соединения.

Несколько сотен коротковолновиков были радистами в партизанских отрядах. Они проявили себя умелыми специалистами и преданными советскими патриотами.

Подготовку радистов-партизан в Ленинградской области возглавлял Н. Н. Стромилов, в партизанских отрядах Латвии — А. Ф. Камалягин, а начальником связи Брянского партизанского края был В. А. Ломанович».

В военное время организации Осоавиахима подготовили десятки тысяч радистов для фронта и тыла.

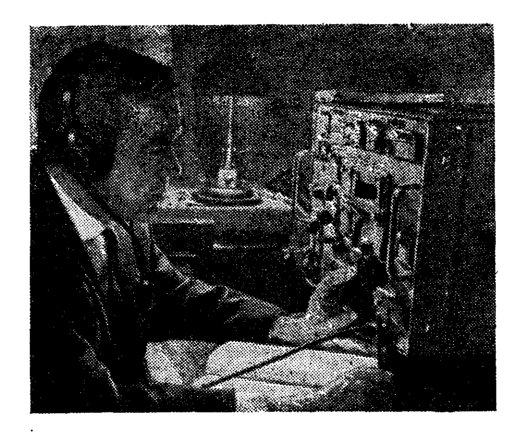
Благодаря заботе партии и правительства в послевоенные годы радиолюбительство получило новый широкий размах.

В настоящее время радиолюбительским движением в СССР руководит Добровольное общество содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ).

Во многих городах страны имеются радиоклубы ДОСААФ, ставшие центрами радиолюбительской учебы, радиоспорта и конструкторской деятельности. Большую работу проводит среди радиолюбителей Центральный радиоклуб ДОСААФ.

Радиоклубы объединяют многочисленный радиолюбительский актив, руководят работой радиокружков, организуют курсы, ведут пропаганду радиотехнических знаний среди населения.

ДОСААФ занимается массовой подготовкой кадров радиоспециалистов. В радиоклубах и на курсах готовят для нужд народного хозяйства радио-



Герой Советского Союза Э. Т. Кренкель на любительской вахте (1967 г.)

телеграфистов и радиотелефонистов, радиомастеров по ремонту радиоприемников, телевизоров и пр.

В последние годы началось движение за создание самодеятельных радиоклубов, без штатных работников. Число их быстро растет. Они создаются при многих первичных организациях ДОСААФ фабрик и заводов, учебных заведений, научных институтов, совхозов и колхозов.

Важное значение для дальнейшего развития радиолюбительства имело создание Федерации радиоспорта СССР, федераций радиоспорта в союзных республиках и секций в областях и краях, что способствует расширению различных общественных начинаний и привлечению актива к руководству радиоспортом. Проведен, например, массовый научный эксперимент по составлению карты электрической проводимости почвы. Участие радиолюбителей позволило значительно ускорить эту важную работу и сэкономить немалую сумму государственных средств.

Интересные открытия сделаны радиолюбителями в области распространения ультракоротких волн. Используя отражения ультракоротких волн от метеорных следов и определенные закономерности, связанные с солнечной активностью, ряд радиолюбителей принимали передачи телецентров на расстоянии более тысячи километров.

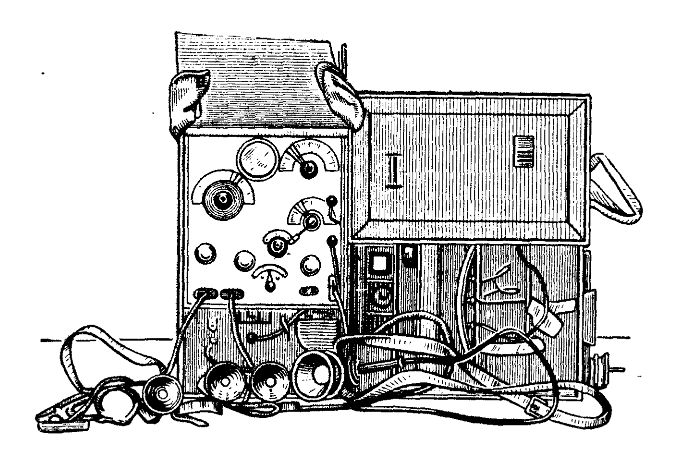
Московский радиолюбитель — инженер С. К. Сотников, например, в течение нескольких лет принимает передачи многих европейских телевизионных центров и отдаленных от Москвы телецентров СССР.

Особенно успешна деятельность радиолюбителей, связанная с массовым развитием телевидения. Этой цели служат разработки простых и дешевых телевизоров, строительство ретрансляционных станций и телевизионных центров силами радиолюбительской общественности.

Первый радиолюбительский центр был построен в Харькове. Конструкция этого телецентра получила первую премию на X Всесоюзной радиовыставке, и его описание было опубликовано в брошюре Массовой радиобиблиотеки. Вслед за Харьковом любительские и учебные телецентры были построены в Горьком, Одессе, Риге, Томске, Свердловске, Омске, Владивостоке, Уфе, Нальчике, Архангельске, Воронеже, Севастополе, Гомеле, Хабаровске, Комсомольске-на-Амуре, Барнауле, Перми, Казани и других городах.

В последующем в этих городах любительские «малые телецентры» заменялись государственными, для которых уже была подготовлена приемная телевизионная сеть.

Николай Шмидт. Он принял сигнал бедствия экспедиции Нобиле.



«Малая политотдельская» радиостанция, выпущенная в 1935 г. для радиосвязи в МТС и совхозах.

Радиоспорт. 5 февраля 1926 г. было принято постановление Совета Народных Комиссаров «О радиостанциях частного пользования».

Этот законодательный акт открыл новую страницу радиолюбительского движения. Можно было строить передатчики и экспериментировать на коротких волнах. В Нижнем Новгороде была организована первая секция коротких волн, а в марте 1927 г. при Центральном совете общества друзей радио была создана центральная секция коротких волн, объединившая местные секции и отдельных коротковолновиков по СССР. ЦСКВ стала также центром обмена карточками-квитанциями (QSL), подтверждающими любительские связи.

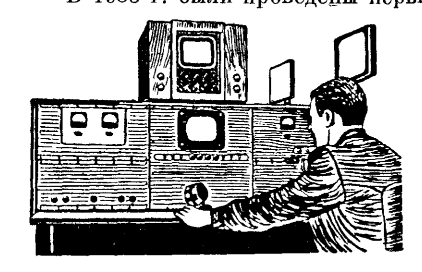
Зайдите к любому из наших коротковолновиков-радиоспортсменов и Вы увидите на стене, около передатчика, или в альбомах множество разнообразных карточек-квитанций от советских и зарубежных коротковолновиков. На каждой из них крупно отпечатан позывной сигнал владельца любительской радиостанции. Это своеобразные визитные карточки коротковолновиков. Они свидетельствуют о спортивных успехах, рекордах и мастерстве их обладателя.

Среди карточек на видном месте можно увидеть и дипломы, присуждаемые победителям соревнований, которые часто проводятся в эфире. Они организуются по определенным правилам, с различными задачами. Но в основном это соревнования на наибольшее количество сложных и дальних связей.

Первые официальные соревнования коротковолновиков были проведены в сентябре 1927 г.

В последующие годы радиоспортсмены провели ряд соревнований. Все они были телеграфными.

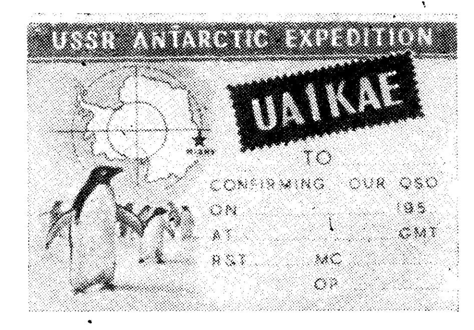
В 1935 г. были проведены первые всесоюзные радиотелефонные соревнования, получившие затем большую популярность. В этом же году руководство коротковолновым радиолюбительством было передано Центральному совету Осоавиахима, при котором были созданы совет секций коротких волн, центральная радиостанция и бюро обмена QSL-карточками. Секции коротких волн и коллективные радиостанции были организованы при всех областных, краевых и республиканских организациях Осоавиахима.



Пульт управления Харьковского любительского телецентра.

В послевоенные годы радиоспорт получил большое развитие, особенно

под руководством Центрального комитета ДОСААФ. Ежегодно организуются всесоюзные соревнования по приему и передаче радиограмм. Победители этих соревнований получают звание чемпионов ДОСААФ текущего года по приему радиограмм. С 1959 г. личное первенство оспаривается среди радистов, ведущих прием и запись от руки («ручников») и на пишущей машинке («машинистов»).



Карточка-квитанция любительской радиостанции поселка Мирный в Антарктиде.

В 1959 г. были проведены первые всесоюзные межжуведомственные соревнования радистов по приему и передаче радиограмм.

Ежегодно проходят соревнования среди коротковолновиков, победителям которых присваиваются звания чемпионов по радиосвязи.

Советские радиоспортсмены принимают участие в международных соревнованиях, добиваясь в них высоких результатов.

Возможность установления дальних связей на УКВ, упрощенный порядок получения разрешений на эксплуатацию УКВ радиостанций, а также интересные соревнования «охота на лис» вовлекают в радиоспорт все большее число участников. Подробно об этом виде радиоспорта рассказано в главе 12.

Большим событием для радиолюбительского движения явилось включение в 1961 г. радиоспорта в Единую всесоюзную спортивную классификацию. В том же году впервые было проведено первенство страны по многоборью. Эти соревнования пришли к нам из Польши и быстро получили широкое распространение. В многоборье входят: прием десяти радиограмм и передача буквенных и цифровых радиограмм с наивысшей скоростью; марш по азимутам на 5 *км* с нагрузкой 12 *кг* и обмен радиограммами в радиосети.

Перечень этих упражнений показывает, что состязания по многоборью близки к работе армейских радистов.

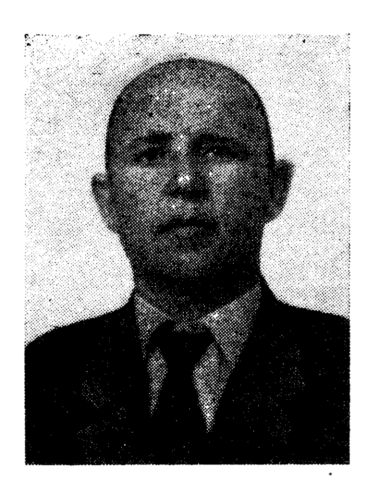
Этот вид радиоспорта — отличная школа подготовки радистов для вооруженных сил.

Закон СССР о всеобщей воинской обязанности, принятый Верховным Советом СССР в октябре 1967 г., поставил перед ДОСААФ ответственные задачи в допризывной подготовке. Радиолюбительство и радиоспорт создают фундамент для успешной допризывной подготовки будущих воинов-радистов.

Радиолюбительство и радиоспорт — замечательные увлечения, которым «все возрасты покорны». Они особенно важны для молодежи, если учесть все возрастающий удельный вес радиотехники и электроники в жизни и боевой деятельности наших вооруженных сил. Радиоспорт относится к военно-техническим видам спорта.

В 1970 г. ЦК ДОСААФ провел V Всесоюзную спартакиаду по военно-техническим видам спорта, посвященную столетию со дня рождения В. И. Ленина. Особое внимание в спартакиаде было уделено радиоспорту. Достаточно сказать, что в программу финальных соревнований было включено пять видов состязаний по радиоспорту: первенство по многоборью, прием и передача радиограмм, «охота на лис», соревнования на УКВ и, впервые включенные в программу спартакиады, соревнования радиолюбителей-конструкторов, развернувшиеся на выставках радиолюбительского творчества. Финалом последних была XXIV Всесоюзная выставка творчества радиолюбителей-конструкторов, проведенная в мае 1970 г. в Москве в залах Политехнического музея.

Всесоюзные смотры радиолюбительского творчества, проводимые в течение 30 лет, имели огромное значение. Они выявили тысячи талантливых самородков во всех республиках нашей страны. На всесоюзных радиовыставках



Неоднократный чемпион СССР по приему радиограмм, мастер спорта, заслуженный тренер РСФСР Ф. В. Росляков, награжденный орденом Трудового Красного Знамени за успехи в развитии радиоспорта.

было показано не менее 10 тыс. лучших радиолюбительских конструкций, сотни статей в журналах и десятки брошюр и книг были заполнены описанием различной радиоаппаратуры, демонстрировавшейся на выставках. Наконец, создаваемая ежегодно радиолюбителями аппаратура для народного хозяйства способствует техническому прогрессу и экономит государству миллионы рублей.

XXIV Всесоюзная радиовыставка была достойным рапортом радиолюбителей-конструкторов к ленинскому юбилею. Она явилась подлинным состязанием технических идей и мастерства. За право участия в ней боролось более 24 тысяч энтузиастов радиотехники. По далеко не полным данным экономический эффект от применения радиолюбительских разработок в народном хозяйстве за три последних года составил 27 млн. руб.

Большое международное значение имела радиоэкспедиция, посвященная столетию со дня рождения В. И. Ленина. В течение двух недель в эфире звучал позывной с буквами UL — Советский Союз — Ленин.

Радиоэкспедиция прошла из Ульяновска через Казань, Куйбышев, Ленинград, Красноярск, Шушенское, Псков и финишировала в Москве. Коллективные радиостанции городов, связанных с биографией В. И. Ленина, работали в эфире по двое суток. Команды из лучших радиоспортсменов продемонстрировали высокое мастерство: они провели свыше 11 тысяч связей с радиолюбителями 111 стран мира.

* * *

Отличительными чертами советского радиолюбительства стали его творческий характер, инициатива и организованность, беззаветное служение интересам социалистической Родины, забота об ее техническом процветании и культурном развитии.

Советское радиолюбительство находится на переднем крае всенародной борьбы за технический прогресс, в расцвете творческих сил на пути к своему пятидесятилетию.

ЛИТЕРАТУРА

Казаков Г. Ленинские идеи о радио. Политиздат, 1968, 288 стр.

Написанная в виде кратких очерков книга освещает деятельность В. И. Ленина, связанную с использованием и развитием радио, ленинские идеи о применении радиотелефонии для передачи информации, для просвещения народа, для агитации и пропаганды.

Книга отражает содержание почти 200 ленинских документов, связанных с радио: декретов, постановлений, подписанных Лениным, и служебных записок. Все эти документы говорят о постоянном личном участии Ленина в решении множества вопросов — от программных, принципиальных проблем радио до мелочей, касавшихся снабжения и условий работы в Нижегородской радиолаборатории.

В заключительных главах книги рассказывается, как в нашей стране воплощались в жизнь ленинские идеи о радио, как радиоэлектроника стала могучим фактором научно-технического прогресса и проникла почти во все отрасли народного хозяйства.

Горохов П. К. Борис Львович Розинг. Изд-во «Связьиздат», 1964, 64 стр.

Краткий биографический очерк о жизни и деятельности основоположника электронного телевидения. Приведены патенты, описаны некоторые другие работы и изобретения Б. Л. Розинга.

Рогинский В. Ю. Михаил Александрович Бонч-Бруевич. Изд-во «Наука», 1966, 158 стр.

Жизнеописание выдающегося сосоветского ученого и изобретателя в области радиотехники, электроники и радиосвязи, члена-корреспондента АН СССР М. А. Бонч-Бруевича (1888—1940 гг.), научно-технического руководителя Нижегородской радиолаборатории имени В. И. Ленина. В книге показаны научная, инженерно-техническая и педагогическая деятельность ученого.

Нижегородские пионеры советской радиотехники. Составитель проф. Б. А. Остроумов. Изд-во «Наука», 1966, 216 стр.

Сборник биографических очерков о наиболее выдающихся ученых и инженерах Нижегородской радиолаборатории им. В. И. Ленина: М. А. Бонч-Бруевиче, В. П. Вологдине, В. К. Лебединском, В. М. Лещинском, О. В. Лосеве, Б. Л. Максимовых, Д. Е. Малярове, П. А. Острякове, В. М. Петрове, Д. А. Рожанском, В. В. Татаринове, С. И. Шапошникове и А. Ф. Шорине.

В книгу вошли также краткие жизнеописания наркома почт и телеграфов В. Н. Подбельского и председателя Радиосвета А. М. Николаева, которые были неразрывно связаны с деятельностью Нижегородской радиолаборатории.

Развитие связи в СССР. Под общ. ред. Н. Д. Псурцева. Изд-во «Связь», 1967, 480 стр.

Книга рассказывает о том большом пути, который прошли почта, телефон, телеграф, радиосвязь и радиовещание в нашей стране за 50 лет советской власти, о развитии телевидения.

Дается обзор современного состояния связи в СССР (телевидение, видеотелефон, фототелеграф, телеметрия, передача центральных газет по каналам связи в далекие от Москвы города, космовидение и т. п.).

Заключительная глава книги посвящена перспективам развития связи и созданию в стране **единой автоматизированной системы связи** (ЕАСС).

Военные связисты в дни войны. Военное издательство, 1968, 320 стр.

Зарождение военной связи в России, создание и развитие войск связи Советской Армии за 50 лет, организация связи в крупных сражениях Великой Отечественной войны, боевые подвиги связистов. Дальнейшее развитие средств военной связи и ее организация. Оснащение войск связи современной техникой.

Леонов А. И. Войска связи. Изд-во ДОСААФ, 1968, 64 стр.

Автор книги — маршал войск связи, старейший связист советских Вооруженных Сил, участник гражданской и Великой Отечественной войн, знакомит читателей с историей войск связи, их традициями и техникой, рассказывает о боевых делах военных связистов в годы Великой Отечественной войны. В заключение рассказано о послевоенном развитии военной радиосвязи, о ее лучших людях, мастерах своего дела.

Ежегодник радиолюбителя. Под общ. ред. Э. Т. Кренкеля. Изд-во «Энергия», 1968, 286 стр.

Книга открывается статьей «Ленин и радио» В. И. Шамшура. Далее дается обзор достижений в области радиоэлектроники, радиосвязи, радиофикации и радиолюбительства к 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции.

Содержит ряд статей обзорно-исторического характера: «Радиосвязь и техника радиовещания за годы советской власти» Н. Д. Псурцева; «Радиоэлектроника за 50 лет» В. А. Говядинова; «Как начиналось радиолюбительство» Ф. А. Лбова; очерки о деятелях Нижегородской радиолаборатории, известных радиолюбителях.

Значительное место в книге уделено описаниям радиолюбительских конструкций, отмеченных на XXII Всесоюзной радиовыставке ДОСААФ.

Книга содержит также большой библиографический раздел с ката-

логом книг МРБ и обзором литературы для радиолюбителей других издательств.

Лобанов М. М. Из прошлого радиолокации. Военное издательство, 1969, 210 стр.

Краткий очерк истории возникновения и предвоенного развития отечественной радиолокации. Рассказывается о создании первых радиолокационных станций для ПВО, Военно-Воздушных Сил и Военно-Морского Флота. Приводятся примеры боевого применения радиолокации, направлениях ее развития в послевоенное время.

Показаны роль и деятельность Совета по радиолокации при Государственном комитете обороны во время Великой Отечественной войны.

Шамшур В. И. Первые годы советской радиотехники. Изд-во «Знание», 1969, 48 стр.

Рассказ об истории советской радиотехники в первые годы ее становления. Начав с краткого обзора состояния русской радиотехники перед первой мировой войной, автор показывает, какое значение В. И. Ленин придавал радио, как он использовал радиосвязь с первых дней Великого Октября, приводит важнейшие декреты правительства о развитии радио. В этих документах, подготовленных по заданиям Ленина и отредактированных им, был заложен фундамент советской радиопромышленности, радиофикации страны и «газеты без бумаги и расстояний», т. е. радиовещания.

В брошюре изложена история организации Нижегородской радиолаборатории и плодотворная деятельность этого первого в стране научно-исследовательского радиотехнического института.

Бренев И. В. Начало радиотехники в России. Изд-во «Советское радио», 1970, 256 стр.

Изложена история изобретения радио А. С. Поповым и развития радиосвязи в России в Военно-Морском флоте, в армии и для гражданских целей. Уделено внимание истории подготовки инженерно-технических кадров и становлению радиотехнической промышленности.

Книга посвящена 75-летию радиосвязи.

Пересыпкин И. Т. Военная радиосвязь. Воениздат, 1962, 300 стр.

Автор книги, маршал войск связи, на протяжении всей Великой Отечественной войны был начальником Управления связи РККА и заместителем Народного комиссара обороны, являясь в то же время Народным комиссаром связи Союза ССР.

В книге впервые обобщается и систематизируется обширный материал о возникновении, развитии и применении радиосвязи для управления войсками. Автор рассказывает о радиосвязи в русской армии и Военно-Морском Флоте, о развитии радиосвязи и применении ее в военном деле после победы Великой Октябрьской социалистической революции; рассмотрены организация и использование радиосвязи в крупнейших операциях Великой Отечественной войны и войны с Японией. Рассказно о боевых подвигах радистов.

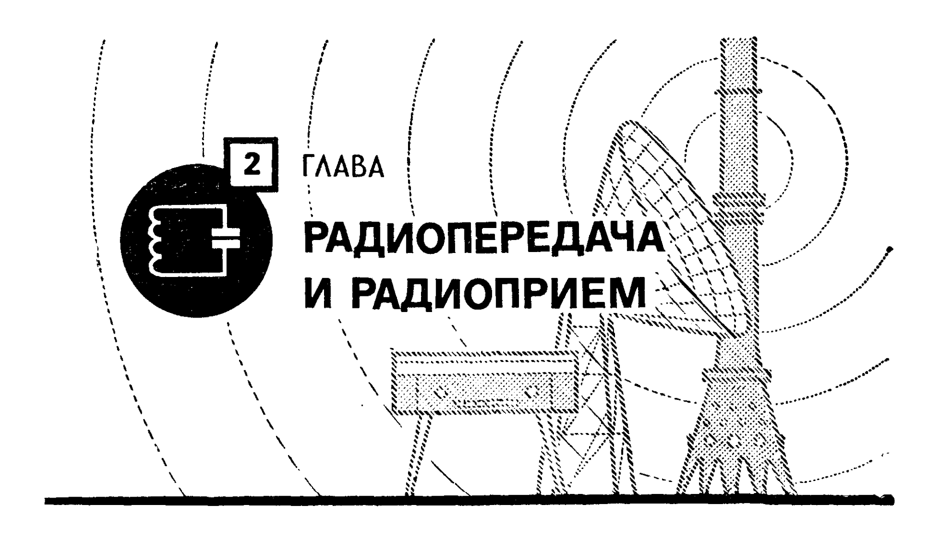
Очерки развития техники в СССР. Книга третья. Машиностроение. Автоматическое управление. Радиотехника, электроника и электросвязь.

Институт истории естествознания и техники АН СССР. Изд-во «Наука», 1970, 433 стр.

Третий раздел книги «Радиотехника, электроника и электросвязь» (А. И. Берг, И. В. Бренев и А. В. Яроцкий) обобщает опыт развития указанных областей техники нашей страны за 50 лет советской власти.

Рассмотрены: развитие радиотехники, радиовещания, электросвязи, телевидения, радиопромышленности и промышленности средств электросвязи, зарождение радиолокации, применение радиоэлектроники в науке и технике.

В заключительной главе «Радиоэлектроника и электросвязь в послевоенный период» рассказано о формировании и развитии радиоэлектроники, единой автоматизированной системы связи, телевидения, о научном и промышленном телевидении, электронной вычислительной технике и кибернетике, радиоастрономии и квантовой радиоэлектронике.



РАДИОВОЛНЫ И КОЛЕБАНИЯ [1]

Бросьте на гладкую водяную поверхность камень, и на ней появятся волны, кругами расходящиеся во все стороны. Это — водяные волны. Они создаются в воде и в ней же распространяются.

Звуковые волны создаются в воздухе и в нем же распространяются; удалите воздух, и звуки исчезнут. Из чего же созданы и в чем распространяются радиоволны?

В некоторых книгах дается такое пояснение:

Радиоволны — это *«распространяющиеся в пространстве переменные электромагнитные поля»*.

Попробуем воспользоваться этой формулировкой в качестве исходной в наших объяснениях природы радиоволн.

Позвольте напомнить Вам из школьных уроков по физике, что вокруг всякого проводника с электрическим током существует магнитное поле, а вокруг тела с электрическим зарядом — электрическое поле. Даже если Вы забыли это, то,

---

[1] Бажанов С. А. Что такое радиолокация. Воениздат, 1948.

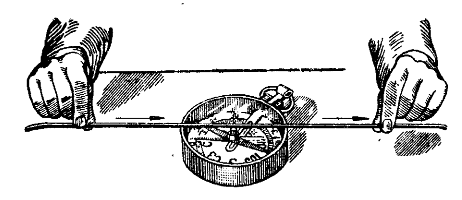


Рис. 1. Ток, идущий по проводу, отклоняет стрелку компаса.

вероятно, замечали, что гребенка или расческа, которой Вы только что привели в порядок Ваши волосы, стремится притянуть к себе легкие предметы вроде кусочков папиросной бумаги, шерстинок и пр. Эта же самая гребенка до использования ее по прямому назначению не обладала свойствами притягивать посторонние предметы.

Объяснение простое: от трения о волосы гребенка приобрела электрический заряд, отчего вокруг гребенки возникло электрическое поле. Оно-то и действует на легкие предметы, притягивая их.

Полями вообще называют формы материи, в которых обнаруживается действие каких-либо сил. Например, в поле земного тяготения обнаруживается притяжение к земле.

Форма материи, в пределах которой сказывается действие электрических сил, называется *электрическим полем*. Сильнее заряд — и поле сильнее. Нет заряда — нет поля.

У нас в руке медный провод, по которому течет ток, а на столе — обычный компас. Стрелка компаса ориентирует Вас в пространстве, указывая север.

Поднесите к компасу этот провод, расположите его вдоль стрелки, и стрелка отклонится в сторону (рис. 1). Увеличьте ток — стрелка отклонится еще больше. Уменьшите ток — отклонение стрелки уменьшится. Выключите ток — стрелка опять укажет север. Значит, не сам провод влияет на стрелку компаса, а ток, протекающий по нему.

Объяснение простое: ток создает вокруг провода магнитное поле, и это поле действует на стрелку компаса.

Форма материи вокруг магнита или проводника с током, где обнаруживается действие магнитных сил, называется *магнитным полем*. Сильнее ток — сильнее магнитное поле. Нет тока — нет поля.

Переменный ток создает переменное магнитное поле.

То же самое можно сказать и о переменном электрическом поле. Если вызвавший его заряд периодически меняет не только свою величину, но и полярность, то такое поле называется *переменным электрическим полем*.

Переменные электрическое и магнитное поля неотделимы друг от друга. Если возникло переменное электрическое поле, то оно всегда создает вокруг себя переменное магнитное поле и, наоборот, переменное магнитное поле обязательно создаст переменное электрическое поле.

Электромагнитные волны, т. е. взаимосвязанные переменные электрическое и магнитное поля, распространяются в воздухе или в безвоздушном пространстве, а также во многих других веществах со скоростью света, равной 300 000 *км/сек*.

Электрическая искра. Достаточно где-либо проскочить электрической искре, как сейчас же вокруг нее возникнут радиоволны. Вы случайно замкнули провода — короткая вспышка, и в пространство выброшен поток радиоволн. Искрят щетки электродвигателя, работает электросварочный агрегат, искрит дуга трамвая или ролик троллейбуса, работает автомобильный мотор с системой электрического зажигания — безразлично: все это наводняет пространство радиоволнами.

Именно из-за этих волн от искровых разрядов, будь то разряды атмосферного электричества или же искрение электроустановок, происходят все те трески, которые Вы, вероятно, не один раз проклинали, слушая интересную радиопередачу.

Только удалившись с радиоприемником куда-либо далеко за город, где нет помех радиоприемнику от трамваев, электрических лифтов, электромедицинских кабинетов и подобных им устройств, можно вести прием в относительной «электрической тишине».

Вот почему приемные радиоцентры выносятся из городов в уединенные места.

Но и здесь не всегда можно укрыться от помех. Гигантский искровой разряд, каким является молния, создает настолько сильный удар радиоволн, что в грозу из громкоговорителя вырывается оглушительная «артиллерийская канонада».

Радиоволны от молнии сигнализируют о приближении грозы. Первым человеком, сумевшим принимать радиосигналы молнии, был русский ученый, изобретатель радио Александр Степанович Попов. Один из своих приборов, названный им «грозоотметчиком», он использовал для того, чтобы следить за далекими грозами и предсказывать их приближение.

Люди взяли у природы ее рецепт «изготовления» радиоволн.

Все первые радиопередатчики создавали мощные потоки сильно трещащих искр. Радиоволны, порождаемые искрами, переносили в пространство различные сообщения без всяких соединительных проводов. Эти первые радиостанции так и назывались «станции искрового телеграфа». Радиотелеграфисты мощной Московской искровой радиостанции (на Ходынке), идя на дежурство, на слух, по треску искр — этих маленьких молний, могли читать сообщения, передаваемые знаками телеграфной азбуки.

Название «радиостанции» появилось значительно позже.

Современная радиотехника отказалась от весьма несовершенных искровых станций. Но пучок искр до сих пор остается в эмблеме на погонах военных связистов.

Как создаются радиоволны. Нам предстоит ознакомиться с тем, как создаются радиоволны современными радиопередающими станциями.

Краткое определение сущности создания радиоволны таково:

Проводник с переменным током высокой частоты при некоторых условиях способен излучать в окружающее пространство радиоволны.

Это определение станет понятным, когда будет раскрыт внутренний смысл каждого слова. «Проводник» — но какой, всякий ли? Дальше мы увидим, что нет, далеко не всякий. «Переменный ток высокой частоты» — как это понимать? Что значит «при некоторых условиях?» При каких именно? «Излучать» — как?

Переменным называется ток, периодически меняющий не только свою величину, но и направление. Следует еще раз подчеркнуть, что слово «переменный» относится именно к направлению. Как бы ни менял свою величину электрический ток, его нельзя назвать переменным, если он не меняет направления.

Переменный ток течет попеременно то в одну сторону, то в другую, как бы повторяя колебательные движения качелей или часового маятника. Недаром существует технический термин «электрические колебания».

Чему учит маятник. К концу маятника часов я прикрепляю легкое перышко или волосок, смоченный жидкой краской, затем толкаю маятник и подношу к перышку листок бумаги. Перышко начинает вычерчивать на листке прямую линию — след колебаний маятника; чем больше размах маятника, тем больше ее длина. Теперь я начинаю равномерно передвигать листок бумаги в направлении, перпендикулярном плоскости колебаний маятника. Прочерчиваемая линия растянется, развернется в волнообразный график (рис. 2). Колебания маятника зарегистрированы — получился график колебаний или, как его называют, осциллограмма.

Осциллограмма свидетельствует о том, что размах маятника быстро уменьшался, и вскоре маятник остановился. Трение в точке подвеса маятника и в точке касания перышка с бумагой, а также сопротивление воздуха сделали свое дело. Колебания быстро затухли. Перед нами график *затухающих колебаний.*

Иную картину представляет график, показанный на рис. 3. Сила тяжести гирь преодолевала действие на маятник всех тормозящих усилий. Поэтому маятник отщелкивал удар за ударом, не уменьшая размахов. Можно было бы целый день вытягивать из-под такого маятника бумажную ленту, и все время вычерчивалась бы на ней волнообразная кривая *незатухающих колебаний.*

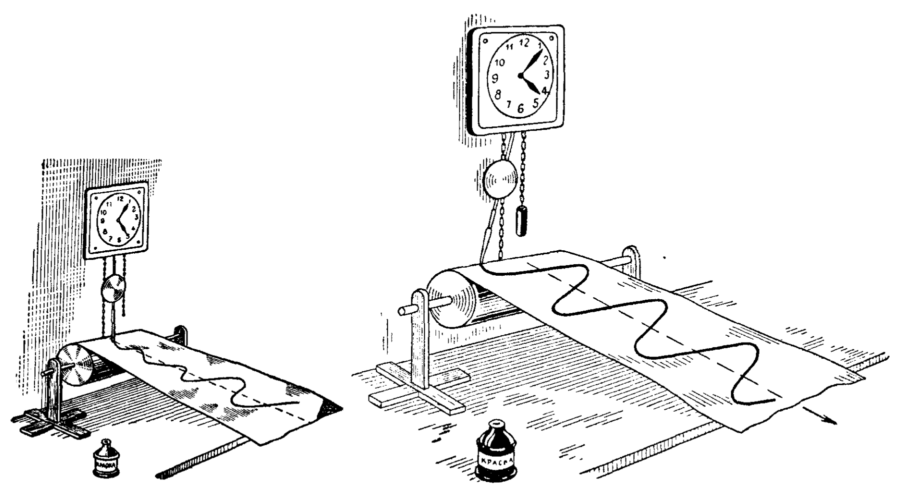


Рис. 2. Затухающие колебания маятника.

Рис. 3. Незатухающие колебания маятника.

У всякой профессии свой язык. Электрик или радист не скажет «размах» там, где речь идет о колебаниях: не размах, а амплитуда. Уважая профессиональные привычки, мы должны сказать так: *у затухающих колебаний амплитуды убывают, у незатухающих — остаются неизменными.*

Колебательный контур. Не только маятник или качели, но и электрический ток можно заставить совершать затухающие или незатухающие колебания.

Для этого служит очень простое электрическое устройство — *колебательный контур*. Это своего рода «электрический маятник». Но в отличие от колебаний обычного маятника электрические колебания в контуре совершаются невероятно быстро. На каждое колебание затрачивается ничтожно малая доля секунды, поэтому число колебаний в секунду очень велико.

Колебательный контур состоит всего из двух основных частей: катушки индуктивности и конденсатора. Катушка представляет собой некоторое число витков медной проволоки, а конденсатор (самый простой) — две металлические пластинки, разделенные слоем диэлектрика.

Чем больше площадь пластин и чем ближе они расположены одна к другой, тем при прочих равных условиях большей электрической емкостью обладает конденсатор (рис. 4). На величину емкости влияет и вещество диэлектрика. Конденсатор с бумагой в качестве диэлектрика «впитает» в себя в 2 раза больше электричества, чем такой же конденсатор, но с воздухом вместо бумаги. Слюдяной конденсатор «сгустил» бы в себе («конденсатор» по-русски означает «сгуститель») в 6 раз больший заряд, чем такой же воздушный конденсатор.

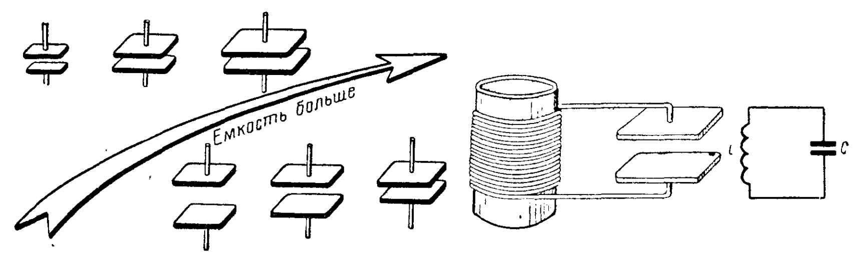


Рис. 4. Чем больше площадь пластин конденсатора и чем ближе одна к другой, тем больше емкость.

Рис. 5. Колебательный контур состоит из конденсатора C, катушки L и соединительных проводников.

Если присоединить концы катушки к пластинам конденсатора, получится колебательный контур (рис. 5).

Маятник мы отводим вбок или даем ему толчок, и он начинает мерно раскачиваться из стороны в сторону. Колебательный контур тоже можно «подтолкнуть». К нему необходимо подвести некоторое количество электрической энергии, чтобы электроны пришли в колебательное движение. Для этого конденсатор следует зарядить от какого-либо источника тока (рис. 6, *а*), а затем подключить катушку индуктивности. Электрическое напряжение U на пластинах конденсатора и сообщит электронам тот электрический «толчок», который необходим для возбуждения колебаний в контуре. Конденсатор станет разряжаться через катушку, и в цепи потечет ток i (рис. 6, *б*).

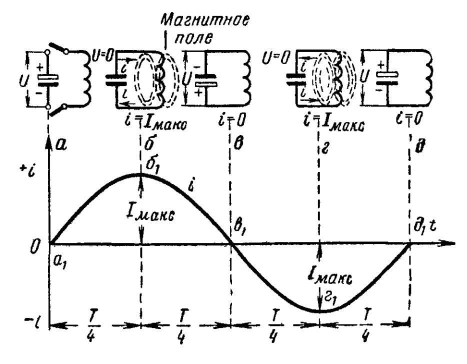


Рис. 6. Получение переменного тока в контуре.

С появлением тока скажется тормозящее влияние катушки — ее индуктивность, которая зависит от числа витков, размеров и формы катушки. *Индуктивность* — это электрическая инерция. Она противодействует всякому изменению тока, подобно тому как инерция тела препятствует изменению его скорости. Вследствие противодействия катушки электрической инерции ток будет нарастать постепенно и достигнет наибольшей величины $I_{макс}$ в тот момент, когда конденсатор полностью израсходует свой электрический заряд, т. е. разрядится.

Теперь, казалось бы, ток должен исчезнуть. На самом же деле благодаря электрической инерции он не прекратится и будет протекать в ту же сторону за счет энергии, которая сосредоточилась в катушке. Но ток станет постепенно убывать. Разряженный конденсатор будет теперь заряжаться в обратном направлении: пластина, имевшая положительный заряд, будет заряжаться отрицательно, а пластина, имевшая отрицательный заряд, — положительно.

Когда энергия полностью сосредоточится в конденсаторе, ток в контуре прекратится (рис. 6, *в*), но процесс на этом не остановится. Зарядившийся конденсатор опять начнет разряжаться: в контуре потечет ток, но уже в обратном направлении (рис. 6, *г*). Он возрастет до максимальной величины, а затем снова упадет до нуля. В этот момент завершится полный цикл изменения тока в контуре, т. е. закончится одно электрическое колебание (рис. 6, *д*). После этого все изменения тока станут повторяться, подобно тому как повторяются перемещения маятника. В контуре возникнут электрические колебания.

Колебания в контуре, происходящие без какого-либо влияния со стороны, чрезвычайно кратковременны. Это объясняется тем, что электрический ток нагревает провода катушки. Энергия электрических колебаний превращается в тепло, которое рассеивается. Потери эти неизбежны, поэтому колебания в контуре быстро затухают. Амплитуда их становится все меньше и меньше, и, наконец, колебания практически прекращаются. Они длятся очень малую долю секунды.

Затухающими колебаниями пользовались в первые годы развития радиотехники. Но теперь они не применяются. Уже много лет назад были разработаны способы получения незатухающих колебаний, на применении которых и основывается современная радиотехника. Незатухающие колебания — это колебания с неослабевающей силой. Амплитуда их не меняется.

Для того чтобы получить незатухающие колебания, нужно особое устройство, которое «подбрасывает» колебательному контуру все новые и новые порции энергии. В часах роль этого устройства выполняет гиря или пружина. Как это делается в колебательном контуре, мы узнаем дальше.

Период и частота. В здании Исаакиевского собора в Ленинграде под куполом подвешен длинный маятник, служащий для доказательства вращения Земли вокруг своей оси. Длина маятника 98 *м*. На одно полное колебание, т. е. на движение маятника от отвеса в одну сторону, переход в противоположную сторону и возвращение к отвесу, затрачивается 20 *сек*. Маятник же часовходиков в течение секунды успеет сделать два колебания. Словом, чем длиннее маятник, тем медленнее совершает он колебания, тем больше период его колебаний.

Периодом называется время одного полного колебания.

От десятков секунд до десятых долей секунды — таковы пределы (диапазон) изменений периодов колебаний маятников.

Колебания в электрическом контуре могут совершаться тоже с разными периодами, но диапазон их гораздо более широкий. Никакой маятник не сможет в 1 *сек* совершить несколько тысяч колебаний, тогда как для электрического тока такие колебания считаются медленными.

Период электрических колебаний определяется тем, насколько быстро конденсатор может заряжаться и разряжаться, а катушка — управляться со своим магнитным полем.

Число колебаний в секунду называется частотой колебаний. Единица измерения частоты называется «герц». Один герц (сокращенно 1 *гц*) — это полное колебание в секунду, т. е. один период в секунду.

Частота электрических колебаний в контуре определяется величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора. Чем больше индуктивность, тем сильнее скажется ее тормозящее действие на изменения электрического тока в контуре и тем медленнее будут совершаться колебания. Так же влияет на частоту колебаний и емкость. С увеличением емкости конденсатора возрастает время, необходимое для его заряда и разряда. Значит, период колебаний в секунду меньше.

Следовательно, изменяя индуктивность и емкость контура, можно менять частоту происходящих в нем электрических колебаний, подобно тому как скрипач, перемещая пальцы по грифу скрипки и удлиняя или укорачивая струны, изменяет тон, т. е. частоту колебаний.

В радиотехнике приходится иметь дело с электрическими колебаниями, частота которых достигает многих тысяч и миллионов герц. Оперировать всякий раз с такими большими числами также неудобно, как неудобно выражать путь от Москвы до Ленинграда в метрах или вес поклажи грузового автомобиля в граммах. Общепринято пользоваться более крупными кратными единицами: килогерц (*кгц*) — тысяча герц, мегагерц (*Мгц*) — миллион герц, гигагерц (*Ггц*).— миллиард герц.

Излучение радиоволн становится практически возможным лишь в том случае, если частота колебаний не ниже нескольких десятков тысяч герц. Вот почему для излучения радиоволн нужен не просто переменный ток, а переменный ток высокой частоты.

При помощи колебательного контура можно получить электрические колебания практически любой частоты — от долей герца до многих сотен и тысяч мегагерц. Для этого надо только подобрать соответствующие емкости и индуктивности колебательного контура.

Открытый колебательный контур. Не следует думать, что достаточно создать в колебательном контуре высокочастотные колебания, для того чтобы он стал излучать в окружающее пространство радиоволны. Вот тут-то и приходится вспомнить «некоторые условия», о которых мы в свое время лишь упомянули.

Эффект излучения радиоволн тем ощутительнее, чем большее пространство охватывается электрическим и магнитным полями контура. Конденсатор же по размерам очень невелик, и поле его, хотя и сильное, очень собрано, сжато. Оно занимает небольшой объем пространства. То же следует сказать и о магнитном поле — оно собрано, сжато вокруг витков катушки.

Колебательный контур, емкость и индуктивность которого сосредоточены, вследствие чего поля ограничены небольшим объемом, называется *замкнутым колебательным контуром*. Применяя его в качестве излучателя радиоволн,

можно ожидать не большего успеха, чем от попытки нагреть большую комнату раскаленным добела гвоздем.

Итак, чтобы усилить излучение радиоволн, надо увеличить размеры электромагнитного поля.

Сразу же напрашивается решение раздвигать пластины конденсатора и тогда в электрическое поле будут включаться все новые и новые части пространства. Но при раздвижении пластин уменьшается емкость конденсатора. Контур начнет создавать колебания иной частоты. Есть выход: одновременно с раздвижением пластин увеличивать их размеры, и тогда емкость конденсатора остается неизменной.

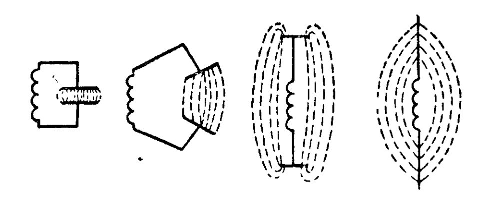


Рис. 7. Раздвигая пластины конденсатора, получим открытый колебательный контур.

На рис. 7 показано, как постепенное раздвижение пластин приводит к созданию открытого колебательного контура. Емкость у него образована двумя большими пластинами, удаленными одна от другой на значительное расстояние. Вместо сплошной пластины можно применять две длинные проволоки, так как они образуют конденсатор вполне достаточной емкости.

Для большего охвата пространства электрическим полем одну проволоку на мачтах поднимают высоко вверх, а другую располагают у самой земли. Если по такому открытому колебательному контуру начнет протекать ток высокой частоты, излучение радиоволн обеспечено.

Когда А. С. Попов начал применять радиоволны для целей связи без проводов и нашел необходимым увеличить размеры открытого колебательного контура, одну проволоку он поднял на высокой мачте вверх, а другую зарыл в землю. Земля — достаточно хороший проводник и по своему действию вполне заменяет одну из пластин конденсатора.

Емкость открытого колебательного контура была образована поднятой вверх проволокой и землей, разделенными слоем воздуха. Провод, поднятый кверху, получил название *антенна.* В переводе на русский язык с греческого это слово означает усики (насекомого). Это название дано было по внешнему сходству.

Мы уже знаем, что не могут раздельно существовать переменные магнитное и электрическое поля. Поэтому при циркулировании в открытом колебательном контуре токов высокой частоты в окружающем пространстве будет возникать электромагнитное поле.

Сила или, лучше сказать, напряженность этого поля будет тем большей, чем сильнее вызвавший ее ток, чем больше амплитуда колебаний тока в контуре. Колебательный ток с небольшой амплитудой создаст вокруг антенны электромагнитное поле небольшой напряженности. Наоборот, ток с большой амплитудой создаст сильное электромагнитное поле. Чем больше напряженность поля, тем на более далеком расстоянии оно способно действовать.

Излучение радиоволн. Мы вплотную подошли едва ли не к самому сложному явлению, с которым имеет дело радиотехника, — к излучению радиоволн. Нам нужно «заставить» перемещаться переменное электромагнитное поле антенны. Опираясь на формулировку, приведенную в начале статьи, мы можем поставить знак равенства между перемещающимися электромагнитными полями и радиоволнами. Останется пояснить, в силу каких причин электромагнитное поле «покидает» антенну и «отправляется» в самостоятельное путешествие.

Электромагнитное поле антенны «дышит» с частотой вызвавшего его тока. Следуя за всеми изменениями тока в антенне, поле как бы втягивается в антенну, когда ток в ней уменьшается до нуля, и как бы разбухает, когда ток достигает максимального значения.

Ток в антенне не ждет. Счет идет на миллионные доли секунды, микросекунды. Электромагнитное поле должно поспевать вслед за током «втягиваться» и «разбухать». Тем участкам электромагнитного поля, которые находятся у

самой поверхности провода антенны, не потребуется много времени на то, чтобы быстро «всосаться» обратно в антенну при «втягивании», т. е. в моменты прекращения в ней тока. Но участкам, находящимся на периферии огромного электромагнитного поля, придется поспешить. Может получиться, в действительности так и получается, что периферийные участки поля еще не успевают «втянуться» в антенну, как навстречу им начнет двигаться, «разбухая», новое поле. Оно не пропустит к антенне остатки уже «втянутого» поля (рис. 8).

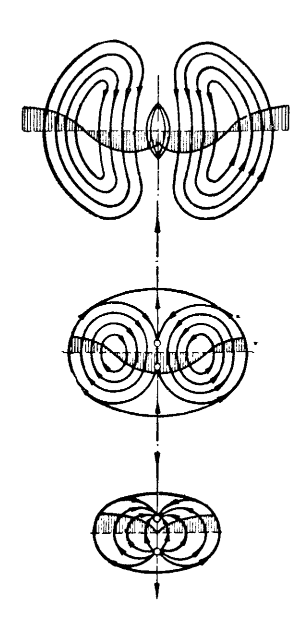


Рис. 8. Антенна излучает радиоволны толчками, «отгоняя» их от себя.

«Запоздавшее» поле будет отброшено антенной. С каждым «вздохом» электромагнитного поля антенна будет толчками отбрасывать в пространство «опоздавшую» его часть. Отброшенные части электромагнитного поля будут вынуждены отходить все дальше от антенны, перемещаясь в пространство.

Так происходит излучение радиоволн.

Бу́дь электромагнитное поле более «аккуратным», успевай оно своевременно «втянуться» в антенну, никакого излучения не получилось бы. У замкнутого колебательного контура поле очень небольшое. Почти все оно успевает аккуратно следовать за всеми изменениями тока. Не происходит почти никаких запозданий! Но зато практически не получается излучения радиоволн.

Длина волны. Скорость, с какой волны увеличивают расстояние между собой и антенной, нам уже известна: 300 000 *км* в секунду. Такую огромную скорость как нельзя лучше характеризует слово «излучение.» Неслучайно все отрасли техники, использующие «перемещающиеся электромагнитные поля», получили приставку «радио»: радиосвязь, радиопеленгация, радионавигация, радиолокация и пр. Слово «радио» происходит от латинского слова «радиус», означающего «луч».

С каждым новым колебанием электрического тока в антенне в пространство излучается очередная волна. Сколько колебаний тока, столько волн. Но сколько бы волн ни излучалось, скорость их распространения строго постоянна. Через секунду после начала излучения «головка» первой волны окажется на расстоянии 300 000 *км* от антенны. Все остальные волны займут положение между «головной» волной и антенной радиостанции. На долю каждой волны придется тем меньшее расстояние, чем больше волн излучает за секунду антенна, т. е. чем выше частота колебаний тока в антенне. Если частота тока равна 1 *Мгц*, то это значит, что за секунду антенна излучает 1 000 000 волн. Все они занимают в пространстве, считая по прямой линии в сторону от излучающей антенны, 300 000 *км*. На долю каждой волны придется:

$$300\,000 : 1\,000\,000 = 0{,}3 \text{ км} = 300 \text{ м}.$$

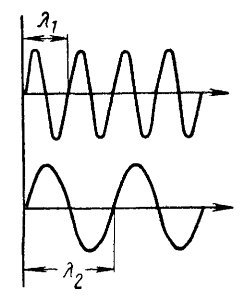


Рис. 9. Расстояние, которое проходит излучаемая радиостанцией волна за время одного периода колебаний тока в антенне, называется длиной волны.

Это расстояние есть путь, который успеет пройти волна, излучаемая радиостанцией за время одного колебания тока в антенне, т. е. за один период колебаний (рис. 9). Оно называется длиной волны, которая обозначается греческой буквой λ (ламбда).

При меньшей частоте колебаний каждая волна займет больше места в пространстве. Если, к примеру,

частота колебаний тока в антенне равна 100 *кгц* и, следовательно, антенна излучает в секунду 100 000 волн, то каждая волна «растянется» в пространстве на

$$300\,000 : 100\,000 = 3 \text{ км} = 3\,000 \text{ м}.$$

Наоборот, при повышении частоты колебаний тока в антенне волны должны будут «сжаться». При частоте 100 *Мгц* длина волны составит лишь:

$$300\,000 : 100\,000\,000 = 0{,}003 \text{ км} = 3 \text{ м}.$$

Таким образом, чем меньше частота, тем больше длина волны (λ_2 на рис. 9). И, наоборот, чем больше частота, тем короче волна (λ_1 на рис. 9).

Длина волны λ *и частота* f *обратно пропорциональны друг другу.* Поэтому длину электромагнитной волны λ всегда можно вычислить, если разделить скорость распространения этой волны, равную 300 000 *км* в секунду, на частоту f.

Для того чтобы длина волны получилась в метрах, как ее обычно принято выражать, скорость распространения также следует брать в метрах (300 000 000 *м*). Следовательно, можно записать:

$$\lambda \text{ (м)} = \frac{300\,000\,000}{f \text{ (гц)}}$$

или

$$f \text{ (гц)} = \frac{300\,000\,000}{\lambda \text{ (м)}}.$$

Если же частоту выражать в килогерцах, то в этих формулах для получения длины волны в метрах скорость распространения надо брать в километрах (300 000 *км*), т. е.

$$\lambda \text{ (м)} = \frac{300\,000}{f \text{ (кгц)}} \quad \text{или} \quad f \text{ (кгц)} = \frac{300\,000}{\lambda \text{ (м)}}.$$

ОТ МИКРОФОНА ДО АНТЕННЫ [1]

Пять часов утра по московскому времени. Несутся мерные удары кремлевских курантов и затем раздаются торжественные звуки гимна. Едва отзвучали его последние ноты, как раздается спокойный, четкий голос диктора:

«Говорит Москва»!

Так начинается день Центрального радиовещания.

Как происходят эти передачи?

Каким образом каждый звук, возникший в радиостудии, на театральной сцене или в другом месте, откуда ведут радиопередачу, мгновенно доносится к вам за сотни и тысячи километров.

Для того чтобы мы могли услышать радиопрограмму, нужно ее сначала передать, а затем принять.

Задача передающей радиостанции состоит в том, чтобы превратить речь, пение, музыку в электрический ток, а затем преобразовать последний в электромагнитные волны и излучить их в окружающее пространство.

Как же практически решается эта задача? Чтобы выяснить это, вспомним, что такое звук. Звук — это колебания какой-либо среды: воздуха, дерева, металла, воды и т. п. Звуковые колебания в неограниченном пространстве распространяются от источника звука по радиусам во всех направлениях. Средняя скорость распространения звука в воздухе 340 *м/сек*.

На рис. 1 условно показаны (на самом деле невидимые глазу) периодические «сгущения» и «разрежения» в звукопроводящей среде, которые и представляют собой звуковые колебания или звуковую волну.

Наше ухо способно воспринимать как звук только колебания определенных частот (от 16 до 20 000 *гц*). Кроме того, амплитуда этих колебаний должна

[1] По разным источникам.

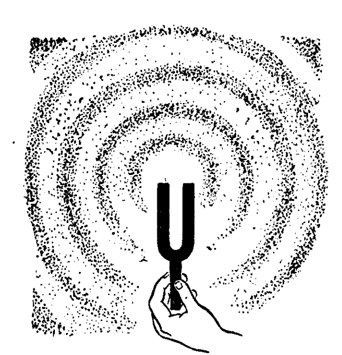


Рис. 1. Звуковые волны вокруг камертона.

быть достаточно большой, т. е. звук должен обладать определенной силой, иначе мы не сможем его услышать.

И электромагнитные волны, и звук — это колебания, но разной природы. Нет ли способа превратить звуковые колебания в электромагнитные? Есть. Для этого сначала нужно звук превратить в колебания электрического тока. Прибор, преобразующий звуковые колебания в электрические, называется *микрофоном* (см. стр. 64).

Но электрические колебания, создаваемые микрофоном, очень слабы, их следует усилить с помощью специальных приборов — усилителей низкой частоты, а после этого можно передать их по проводам на радиостанцию.

Чтобы понять, как работает радиостанция, придется вернуться к колебательному контуру.

Снова о колебательном контуре. Излучая радиоволны, антенна непрерывно посылает в пространство электромагнитное поле высокой частоты. Энергию антенна получает из колебательного контура.

Откуда же черпает энергию колебательный контур? Очевидно, нужно осуществить устройство, передающее контуру все новые и новые количества энергии взамен тех, которые он передает антенне, и тех, которые бесполезно затрачивает в самом себе. Нельзя предполагать, что колебательный контур работает как какой-то «вечный» маятник.

Вот о работе устройств, обеспечивающих создание радиоволн, мы теперь и должны рассказать.

Радиотехника знает много всяких способов «подбрасывания» энергии в колебательный контур. Его нужно производить в такт с колебаниями. Не вовремя подброшенная порция электрической энергии не только не поддержит колебания, но будет заглушать их.

Один из способов, посредством которого производится передача в контур новых и новых количеств электрической энергии, применяется более 50 лет. Мы имеем в виду использование электронной лампы, которая является «душой» современной радиотехники.

Для ознакомления с тем, как электронная лампа вместе с колебательным контуром создает токи высокой частоты, в качестве главного «действующего лица» мы возьмем трехэлектродную лампу. Для простоты объяснения принципа работы радиопередатчика мы воспользуемся этой старой заслуженной ветеранкой, а не современными более сложными лампами.

Поучительный эпизод. Известен интересный эпизод из истории развития паровой машины. Мальчик был приставлен к примитивной старинной паровой машине. Обязанности были несложные, но весьма однообразные: в строго определенные моменты времени он должен был открывать и закрывать кран. Важно было не спутать и не открыть кран раньше времени, чтобы не остановить машину. Мальчику, наделенному природной сообразительностью, надоело утомительное занятие. Желая выкроить хотя бы немного свободного времени, он пустился на хитрость. Веревками соединил он кран с качающимся коромыслом машины, предоставив самой машине заботиться об открывании и закрывании крана в нужные моменты. Машина была переведена с ручного обслуживания на автоматическое. Краны открывались и закрывались без прикосновения рук.

Этот эпизод напоминает о том, что произошло двумя столетиями позже с изобретением лампового генератора токов высокой частоты.

В 1913 г. была разработана первая схема лампового генератора, положившая начало ряду других схем, создававших удобные способы получения токов высокой частоты.

В это время знали, что радиолампа может усиливать слабые переменные электрические токи практически любой частоты. Знали и то, что если усиле-

ния одной лампы недостаточно, можно включить несколько электронных ламп одну вслед за другой. Несомненно, и до этого времени считали возможным усиленные таким образом мощные колебания высокой частоты подать прямо в антенну. В дверь стучалась идея создания ламповой передающей радиостанции. Не хватало одного: умения решить задачу — откуда взять первоначальный переменный ток, который следует подвести к сетке первой усилительной лампы.

И ученым пришла идея, с внешней стороны имевшая много общего с хитростью мальчика, обслуживающего паровую машину. Они решили перевести электронную лампу на самообслуживание. Ее заставили заниматься не только усилением где-то и чем-то созданных переменных токов, но и самой возбуждать, генерировать их.

Таким образом, был создан первый ламповый генератор незатухающих колебаний.

Первый ламповый генератор. Схема этого генератора исключительно проста (рис. 2). В анодную цепь электронной лампы (триода) *Л* включен колебательный контур LC, а в цепь сетки лампы — катушка L_C, близко расположенная к контурной катушке.

Чтобы понять, как работает ламповый генератор, сделаем небольшое допущение. Оно нужно только на короткое время, и мы от него вскоре откажемся. Представим себе, что в колебательном контуре LC уже поддерживаются незатухающие колебания. Ток в катушке L непрерывно меняет свое направление и с такой же частотой заряжается и разряжается конденсатор C. Следуя за изменениями тока в контуре, меняются величина и направление магнитного поля вокруг катушки L. То возникая, то исчезая, оно воздействует на витки катушки L_C и наводит в них по индукции э. д. с.

Но к катушке L_C присоединена сетка лампы; следовательно, с такой же частотой, с какой колеблется ток в контуре, будет меняться и напряжение на сетке. Сетка действует автоматически, она не ошибается: «плюс» на сетке увеличивает анодный ток, протекающий через лампу, а «минус» уменьшает его.

Качели можно раскачать, подталкивая их в такт. Эту обязанность в лампе с большим прилежанием выполняет сетка, получающая то положительное, то отрицательное напряжение. Она не дает покоя анодному току, заставляя его совершать непрерывные колебания.

Все время, пока нить (катод) лампы накалена, а на ее аноде имеется положительное напряжение, ламповый генератор создает незатухающие колебания. Лампа за счет энергии анодной батареи $Б_a$ покрывает все потери в контуре. Задача получения незатухающих колебаний решена.

Ламповый генератор может быть уподоблен заведенным пружинным часам или стенным часам с поднятыми гирями. Упругость пружины или вес гирь полностью компенсирует все тормозящие силы трения и заставляет часовой механизм работать безостановочно.

Теперь мы уже может отбросить наше допущение. Пусть в анодном контуре еще нет колебаний. Но первый же толчок тока, вызванный включением генератора, импульсом создаст магнитное поле вокруг контурной катушки. Этот импульс будет передан сетке, и та незамедлительно сделает свое дело. «Качели» придут в движение. Раскачиваясь все более, они достигнут максимальной амплитуды, при которой раскачивающих усилий как раз хватит на преодоление всех сил, стремящихся остановить колебания.

Генератор, который работает сам, без ручного или механического управления, сам себя принуждает к действию, самовозбуждается, называется *самовозбуждающимся* генератором.

Обратная связь. Разнесите контурную и сеточную катушки на большое расстояние, чтобы магнитное поле контурной катушки не «зацепляло» за витки сеточной катушки, и генератор перестанет работать. Колебания создаются только потому, что анодная цепь связана с сеточной и передает ей возбуждающие импульсы. Такая связь называется *обратной связью.* Катушка L_C, посредством которой сетка связывается с цепью анода, называется *катушкой обратной связи.* Чем больше витков в ней и чем ближе она расположена

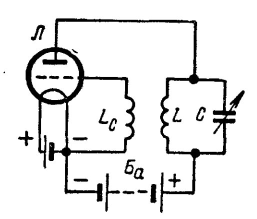


Рис. 2. Схема генератора с трансформаторной связью.

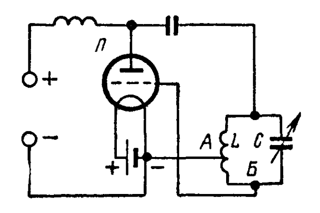


Рис. 3. Схема генератора с автотрансформаторной связью.

к контурной катушке, тем большее напряжение индуктируется в ней, тем сильнее связь.

Итак, не электронная лампа создает колебания — они создаются в колебательном контуре. Но в контуре не было бы незатухающих колебаний, если бы лампа не подбрасывала в контур все новые и новые количества электрической энергии. Но и лампа не могла бы ничего передать контуру, если бы не получала энергию от источников питания — батарей или электрогенераторов, подающих напряжение на анод.

Частоту колебаний навязывает колебательный контур. Колебания медленные, и электронная лампа будет в таком же медленном темпе передавать контуру порции электрической энергии. Но ей никакого труда не составит производить это со скоростью нескольких миллионов или десятков миллионов раз в секунду.

«Трехточка». Мы уже говорили, что совершенно безразлично, откуда на сетку лампы поступают электрические колебания. В схеме на рис. 2 обратная связь анодного контура с сеткой *трансформаторная*. Однако иметь отдельную катушку обратной связи совершенно не обязательно. Применяют схему, у которой сетка (рис. 3) непосредственно присоединена к контурной катушке *L*. На сетку лампы *Л* подается напряжение с части *А*—*Б* контурной катушки. Чем больше витков между точками *А* и *Б*, тем большее напряжение подается на сетку, тем сильнее обратная связь. Наоборот, передвигая соединительный проводник сетки к точке *Б*, мы уменьшаем обратную связь. Такая связь называется *автотрансформаторной*. В принципе она не отличается от трансформаторной. Оба способа представляют разновидности индуктивной связи: напряжение на сетке создается благодаря электромагнитной индукции.

Непременным условием действия схемы является такое соединение трех проводников от лампы *Л* с контуром *LC*, при котором провод от катода (нити) присоединяется между проводами от анода и сетки. Только тогда сеточные и анодные импульсы будут действовать в такт. Если анодный ток, например, должен увеличиваться, то для этого должно возрастать положительное напряжение на сетке.

Подачу порций энергии от лампы в контур строго в такт радиоспециалисты называют подачей в фазе. Схема с трансформаторной связью может не возбудиться, если импульсы на сетке не в фазе с импульсами анодного тока. В этой схеме правильная фазировка достигается очень просто: если генератор не возбуждается, достаточно переключить концы сеточной катушки. В схеме с автотрансформаторной связью нужно расположить проводники только так, как показано на рис. 3.

Вследствие своей простоты эта схема пользовалась в свое время особым расположением радиолюбителей. Почти все радиопередатчики первых коротковолновиков имели генератор «трехточку».

Задающий генератор. Ламповому самовозбуждающемуся генератору не хватает еще антенны, чтобы стать радиопередатчиком. Различие между мощными и маломощными радиостанциями заключается главным образом в степени усиления первоначально полученных в ламповом генераторе высокочастотных колебаний.

Если требуется мощность больше той, которую в состоянии отдать непосредственно самовозбуждающийся генератор, то применяют каскадное усиление все более мощными лампами. При этом самовозбуждающийся ламповый генератор, первоисточник электрических колебаний, получает название *задающего генератора:* он «задает тон» всем остальным усилительным каскадам.

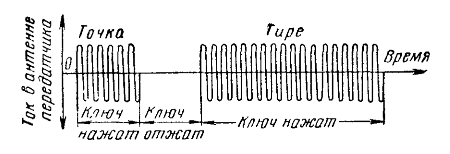


Рис. 4. Графическое изображение тока высокой частоты в антенне передатчика при телеграфной работе.

Задающий генератор — «сердце» передатчика. Остановится «сердце» — и все остановится. Первый усилительный каскад ничего не получит на сетку лампы от задающего каскада и поэтому ничего не передаст второму каскаду, второму нечего будет передавать третьему и т. д. Тщетно антенна будет ожидать получения токов высокой частоты от мощного оконечного каскада.

И «сердце» передатчика тщательно оберегают. Ему вредна перегрузка. На него действует тепло, выделяемое током в различных деталях установки. Всякое изменение температуры приводит к изменению размеров металлических конструкций, в частности к изменению размеров деталей конденсатора и катушки контура. Меняется индуктивность, меняется емкость, а от этого меняется генерируемая частота, «гуляет» волна радиостанции.

Чтобы избежать подобных неприятностей, от задающего генератора не требуют большой мощности — лишь бы он генерировал колебания строго определенной частоты. Как нежное растение помещают в оранжерею, так и задающий генератор помещают в камеру со строго постоянной температурой, применяют особые стабилизаторы частоты, которые не позволяют частоте отклоняться от установленного значения.

Связующим звеном между оконечным каскадом и антенной является питающая линия *(фидер).*

Она состоит из проводов или кабеля.

Включаем радиопередатчик. Через радиопередатчики может быть осуществлена передача радиограмм (радиотелеграфная передача), передача речи и музыки (радиотелефонная передача) и передача изображений.

Самый простой вид работы — передача ключом знаков телеграфной азбуки: при нажатии ключа замыкаются его контакты и серия высокочастотных колебаний поступает в антенну, при размыкании контактов подача колебаний в антенну прерывается. Короткое время включения соответствует точке, длинное — тире. Этот процесс называется *манипуляцией* (рис. 4).

А если нужно передать речь или музыку, то следует обратиться к помощи микрофона.

О превращении звука в электрический ток мы знаем. Этот ток мы усилили и направили по проводам на радиостанцию. К передатчику, таким образом, звуки пришли в виде электрических колебаний низкой частоты.

Модуляция. Используемые для вещания на больших расстояниях радиоволны имеют длину от 25 до 2 000 *м*. Частота вызывающего их электрического тока от 12 000 000 *гц* (12 *Мгц*) до 150 000 *гц* (150 *кгц*). Наивысшая же звуковая (низкая) частота, которую способно воспринимать наше ухо, примерно 20 000 *гц*.

Колебания, которые мы можем услышать, имеют низкую (звуковую) частоту, и их трудно излучать в пространстве.

Колебания же, распространяющиеся на огромные расстояния в виде электромагнитных волн, имеют очень высокую частоту. Такие колебания мы не можем слышать.

Остается, видимо, как-то приспособить высокочастотные колебания для «транспортировки» колебаний звуковой частоты.

Такой способ был найден. Колебания звуковой частоты заставляют воздействовать на колебания высокой частоты. Процесс воздействия низкочастотных колебаний на высокочастотные называется *модуляцией*.

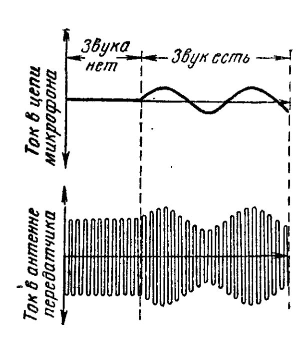


Рис. 5. Графическое изображение амплитудной модуляции.

Термин «модуляция» издавна применяется в музыке для обозначения перехода из одной тональности в другую — смены ладов.

В электротехнике модуляция — это изменение какой-нибудь из характеристик электрического тока—его величины, частоты, фазы — в соответствии с колебаниями какого-либо другого тока.

Модуляция — это такое воздействие низкочастотного тока на высокочастотный, когда низкочастотный ток как бы отпечатывает свою форму на высокочастотном.

Ток высокой частоты, на который воздействует телефонный разговор, называется модулируемым током, *модулируемым колебанием*. Высокочастотное колебание после модуляции несет на себе (или в себе) отпечаток тока низкой частоты.

Модуляция осуществляется в передатчике с помощью устройства, называемого *модулятором*. Он осуществляет воздействие токов низких частот на высокочастотные колебания. Вследствие действия электрических колебаний, поступающих от микрофона, амплитуда высокочастотных колебаний меняется. Она становится то больше, то меньше. Эти изменения в точности соответствуют колебаниям микрофонного тока, а следовательно, и звуковым колебаниям. Так, на электрические колебания высокой частоты накладывается «отпечаток» (узор) передаваемых звуков, и в результате получаются *амплитудно-модулированные* колебания (рис. 5). Такой способ модуляции применяется на радиовещательных станциях, работающих на длинных, средних и коротких волнах.

В передатчиках, с помощью которых ведется радиовещание на ультракоротких волнах, осуществляется *частотная модуляция* — сокращенно ЧМ (см. стр. 391).

Назначение радиопередающих станций очень разнообразно. Некоторые из них ведут передачи для больших территорий и располагаются в больших специальных зданиях. Любительская радиостанция размещается в квартире коротковолновика. Но как бы ни различались они по своему виду и размерам, радиотехнические процессы в них почти одинаковы, отличаются радиостанции в основном только мощностью колебаний и длиной излучаемых радиоволн.

Радиостанция потребляет электрическую энергию от электрической сети, батареи или генератора и преобразует ее в высокочастотные электрические колебания, которые после усиления и модуляции попадают в передающую антенну. Отсюда они уже в виде радиоволн начинают свое путешествие к радиоприемникам.

РАДИОПРИЕМ [1]

«Говорит Москва!» — сказал диктор у микрофона.

Колебания его мембраны создали электрический ток низкой частоты. После усиления он с большой скоростью помчался по проводам на радиостанцию. Ток низкой частоты здесь воздействует с помощью модулятора на ток высокой частоты, как бы «отпечатывает» на нем свою форму. Затем усиленный модулированный ток высокой частоты попадает в антенну. Ее переменное электромагнитное поле распространяется в окружающем пространстве. Этот путь колебаний от микрофона до антенны описан в предыдущих статьях.

Проследим теперь дальнейший путь радиопередачи до громкоговорителя радиоприемника.

У входа в радиоприемник. Приемная антенна должна уловить энергию радиоволн.

[1] По разным источникам.

Когда переменное электромагнитное поле встречает на своем пути металлический провод антенны, оно воздействует на заключенные в нем свободные электроны. Электроны приходят в колебательное движение, повторяя все изменения электромагнитного поля. В результате в приемной антенне возникает переменный ток.

Рис. 1. Колебательный контур выделяет колебания с частотой, на которую он настроен.

Этот ток очень слаб. Но его изменения совершаются в такт с приходящими колебаниями и, значит, в точности совпадают с изменениями тока в антенне, излучающей радиоволны.

Приемная антенна соединена с радиоприемником, к которому и подводятся электрические колебания, созданные в антенне.

Как «сортируются» радиоволны. Включив радиоприемник, мы начинаем его настраивать, вращая одну из ручек.

Что же происходит при настройке приемника и почему она необходима?

В настоящее время имеется очень много передающих радиостанций. Они находятся в разных городах и ведут различные передачи. Одна из них передает доклад, другая — последние известия, третья — концерт и т. д.

Каждая станция излучает радиоволны, которые доходят до приемных антенн и возбуждают в них электрические колебания. Антенна в одно и то же время принимает все передачи. Если бы мы слушали их одновременно, то услышали бы такую смесь звуков, из которой ничего нельзя было бы понять. Чтобы этого не было, радиостанции работают на разных волнах. Это значит, что каждая из них излучает электромагнитные колебания лишь определенной, только для нее установленной частоты. Следовательно, в приемной антенне любая радиостанция возбуждает колебания своей частоты, отличной от частот других станций. И вот, чтобы можно было слушать каждую передачу в отдельности, приемник «отбирает» из всех колебаний, возбуждаемых в антенне, только колебания одной радиостанции (рис. 1). Такая сортировка радиоволн происходит в колебательном контуре радиоприемника, куда попадают электрические колебания, принятые антенной. Здесь используются свойства *электрического резонанса*.

Явление резонанса приходится наблюдать очень часто. Струну любого музыкального инструмента можно заставить звучать, не прикасаясь к ней, стоит только вблизи нее издать звук такой же высоты (тона), какой она сама может издавать. Например, положим на стол две одинаково настроенные гитары и заставим струну одной из них сильно звучать. Если прекратить тотчас же (прижав рукой) колебания этой струны, можно заметить, что одинаково настроенная струна другой гитары будет слабо звучать, хотя к ней и не прикасались.

Резонанс широко используется в музыке. Но строителям приходится вести с ним борьбу, так как механический резонанс может привести к разрушению сооружений.

Лет 70 назад в Петербурге рухнул висячий Египетский мост, когда по нему «в ногу» проходила войсковая часть. Возник резонанс, мост сильно раскачался ритмическими шагами, и произошел обвал.

Резонанс — это отклик. Раскачиваемое устройство как бы «откликается» на толчки той же частоты, с какой оно способно колебаться само, если нарушить его покой. При совпадении ритма толчков с частотой собственных колебаний размах колебаний такого устройства резко возрастает. Если же частота толчков не совпадает с собственной частотой, колебания получаются слабыми.

Поэтому, для того чтобы при одновременной работе нескольких станций Вы могли принять по желанию только одну из них, Вам нужно настроить приемник в резонанс с колебаниями, которые происходят в антенне нужной Вам радиостанции.

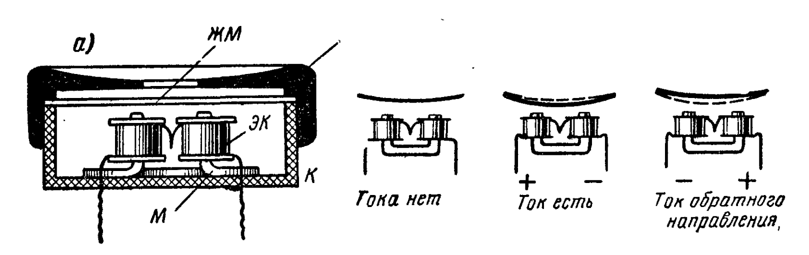


Рис. 2. Устройство и работа телефона.

Оказывается, что в зависимости от того, какое число витков катушки включено в колебательный контур, изменяется частота, на которую он настроен: чем больше число витков, тем меньше собственная частота электрических колебаний контура.

Передвигая ползунок или нажимая клавиши переключателя, Вы включаете в колебательный контур катушку с большим или меньшим числом витков и, таким образом, настраиваете его в резонанс с колебаниями той или иной станции.

Это будет все же очень грубая настройка, так как она изменяется не плавно, а скачками. Поэтому переключателем обычно настриваются на определенный участок (диапазон) волн, а затем подстраиваются точно на нужную станцию с помощью конденсатора переменной емкости, который вместе с катушкой образует колебательный контур приемника. Изменяя емкость конденсатора, мы также изменяем собственную частоту электрических колебаний контура и заставляем его отзываться на приходящие радиоволны той станции, передачу которой хотим слушать.

В «двери» радиоприемника «стучатся» радиоволны многих радиостанций. Но благодаря резонансу «вход открывается» сигналам только той радиостанции, на которую настроен приемник в данный момент.

Чтобы перейти на прием другой станции, необходимо изменить частоту собственных колебаний резонансного контура приемника путем изменения индуктивности или емкости.

Этот принцип настройки используется во всех современных радиоприемниках. Процесс настройки любого радиоприемника, который внешне сводится к вращению рукоятки и наблюдению за перемещением стрелки на шкале, есть не что иное, как настройка колебательного контура в резонанс с частотой электромагнитных волн, создаваемых радиостанцией, которую мы хотим услышать.

Амплитуды принимаемых сигналов обычно очень малы, и их приходится усиливать. Для этого в приемниках применяют усилители с радиолампами или транзисторами, которые увеличивают амплитуду принимаемых колебаний, не меняя их частоты. Такой усилитель называется *усилителем высокой частоты.*

От детектора к громкоговорителю. Теперь нужно преобразовать модулированные колебания высокой частоты в колебания низкой частоты.

Поскольку несущие высокочастотные колебания выполнили свою роль и донесли колебания звуковой частоты до приемника, они нам более не нужны. Ведь высокочастотный модулированный ток не может непосредственно привести в действие электромагнитный телефон. Нам нужны лишь низкочастотные колебания.

Преобразование модулированных колебаний высокой частоты — процесс, обратный модуляции. Он называется *демодуляцией или детектированием.*

Детектор — прибор, выделяющий колебания низкой частоты. Детекторы бывают полупроводниковые (кристаллические) и ламповые.

Чтобы была ясна роль детектора, рассмотрим принцип действия электромагнитного телефона.

У электромагнитного телефона в корпусе *К* из металла или пластмассы (рис. 2, *а*) находится постоянный магнит *М* с полюсными наконечниками из мягкой стали, на которые насажены катушки *ЭК* с большим числом витков тонкого изолированного провода. Сопротивление их бывает до нескольких тысяч ом. На корпусе *К* лежит тонкая жестяная мембрана *ЖМ*. Между мембраной и полюсными наконечниками имеется небольшой воздушный зазор. Мембрана прижимается по краям крышкой *А* (амбушюр), имеющей в центре отверстие.

Работу электромагнитного телефона иллюстрируют рис. 2, *б—г*. Если в катушках телефона тока нет, то под влиянием постоянного магнита мембрана притягивается к полюсам и несколько прогибается (рис. 2, *б*). Когда в катушках проходит переменный ток, то сила постоянного магнита меняется. Положительная полуволна тока усиливает магнит, так как создает магнитное поле, складывающееся с полем магнита, и мембрана прогибается сильнее. Отрицательная полуволна тока создает магнитное поле, противоположное по направлению полю магнита; это ослабляет магнит, и мембрана отходит (рис. 2, *г*). В результате мембрана колеблется в обе стороны от первоначального положения с частотой переменного тока и повторяет колебания микрофонной мембраны. Возникает звуковая волна, и ухо, к которому приложен телефон, услышит звук. При отсутствии в телефоне постоянного магнита колебания мембраны были бы слабее и каждая полуволна переменного тока давала бы притяжение мембраны к магниту. Она отклонялась бы от положения равновесия только в одну сторону и частота звука стала бы удвоенной.

Рис. 3. Как преобразуются колебания в процессе радиопередачи.

1 — ток в цепи микрофона — колебания низкой частоты, управляющие амплитудой колебаний высокой частоты; *2* — немодулированные колебания высокой частоты; *3* — модулированные по амплитуде колебания высокой частоты; *4* — продетектированные модулированные колебания; *5* — ток, идущий через телефон радиоприемника.

Для ламповой радиоаппаратуры используются высокоомные электромагнитные телефоны, у которых катушки намотаны проводом диаметром 0,05 *мм*. Сопротивление таких телефонов постоянному току обычно равно 4 000 *ом*, а сопротивление переменному току при средней звуковой частоте 1 000 *гц* имеет индуктивный характер и составляет около 20 000 *ом*. Телефоны, используемые в транзисторных приемниках и слуховых аппаратах, имеют сопротивление постоянному току около 100 *ом*.

Телефон превращает электрические колебания в звуки. А для того чтобы телефон воспроизводил передаваемые по радио звуки, нужно, чтобы токи в цепи телефона как раз соответствовали тем низкочастотным колебаниям, которыми промодулированы колебания высокой частоты в передатчике.

Следовательно, модулированные высокочастотные колебания должны быть преобразованы в колебания низкой частоты, подобные созданным микрофоном. Эту задачу выполняет детектор.

Упрощенно действие детектора можно объяснить так. Детектор — это выпрямитель, т. е. прибор, который пропускает ток только в одном направлении. Поэтому модулированные высокочастотные токи детектор преобразует в токи, текущие в одном направлении.

Мембрана телефона вследствие своей инерции не успевает следовать за отдельными высокочастотными импульсами (толчками) тока и отзывается на среднюю величину силы, создаваемой этими импульсами. Если импульсы сильнее, то и мембрана притягивается сильнее.

Но импульсы после детектора тем больше, чем больше амплитуда модулированных колебаний, подводимых к детектору. Поэтому мембрана совершает колебания, повторяющие изменения амплитуды модулированных колебаний (рис. 3).

А это значит, что мембрана телефона воспроизводит колебания, которые действовали на микрофон передающей станции.

Полученные от детектора колебания низкой частоты можно усилить и вместо телефонных трубок применить громкоговоритель.

Как видно из сравнения кривых *1* и *5* на рис. 3, ток в цепи телефона изменяется подобно току в цепи микрофона.

Отметим следующее. Если Вы находитесь у радиоприемника, например, в 1 000 *км* от радиостанции, то произнесенный в студии звук пройдет весь путь от микрофона до Вашего уха в 5 раз быстрее, чем он успеет достигнуть по воздуху от стены до той же студии, находящейся в 5 *м* от диктора.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ [1]

Всякий звук характеризуется одновременным наличием колебаний различных частот. Даже самый простой звук, который кажется нам состоящим из одного тона, в действительности образуется колебанием основной частоты (наиболее низкой) и частот, кратных основной (более высоких). Последние называют *гармониками* основной частоты. Наличие гармоник позволяет различать голоса отдельных людей и характеризует тембр, или «окраску», звука.

Одной из существенных особенностей человеческого уха является то, что громкость восприятия звука изменяется пропорционально не звуковому давлению, а его логарифму [2]. Самые слабые звуки, которые еще в состоянии воспринимать ухо, называют *порогом слышимости*. Если громкость звука еще уменьшить, то ухо перестанет его ощущать. Верхним пределом громкости является предел, по достижении которого ухо ощущает боль.

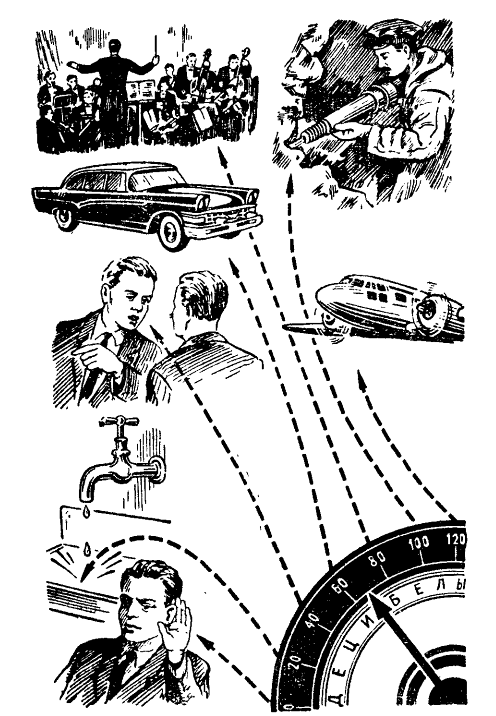


Рис. 1. Уровни громкости звука в децибелах.

---

[1] Рогинский В. Ю. и Фейгельс В. З. От микрофона до громкоговорителя (новая редакция). Госэнергоиздат, 1955 (Массовая радиобиблиотека).

[2] Звуковое давление — это отношение силы, с которой звуковая волна действует на поверхность, перпендикулярную приходу волны, к площади этой поверхности; измеряется давление в паскалях (*Па*).

Паскаль — это давление, вызываемое силой в 1 ньютон, равномерно распределенной на поверхности площадью 1 $м^2$.

Ньютон — сила, сообщающая телу массой 1 *кг* ускорение 1 $м/сек^2$ в направлении действия силы. (*Прим. ред.*)

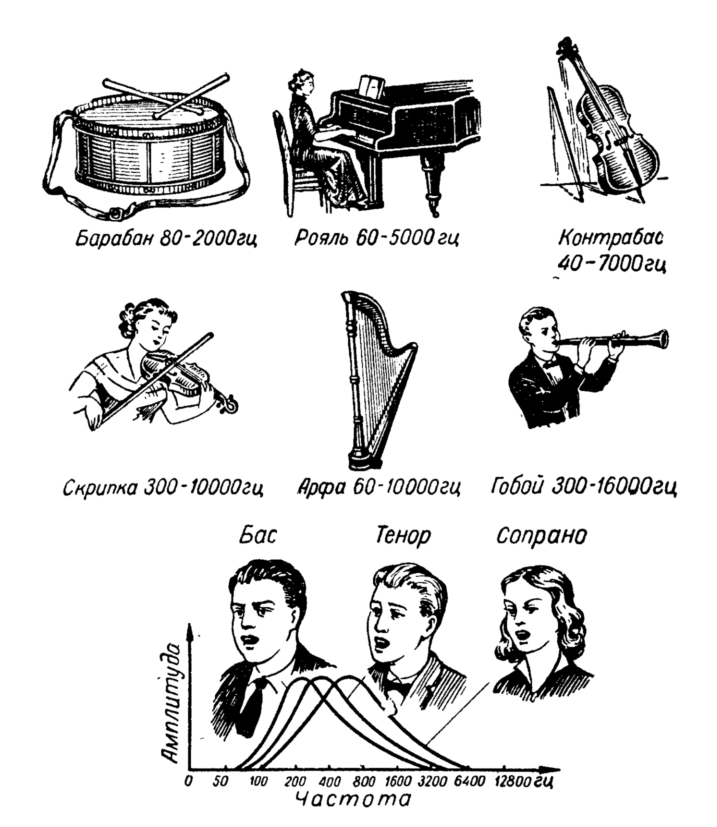


Рис. 2. Частоты колебаний, создаваемых музыкальными инструментами и человеческими голосами. В нижней части рисунка показаны частотные характеристики различных голосов.

Порог слышимости на частоте 1 000 *гц* соответствует звуковому давлению 0,00002 *Па*. На частоте 100 *гц* порог слышимости соответствует звуковому давлению приблизительно 0,002 *Па*. Следовательно, чувствительность уха на частоте 100 *гц* в 100 раз ниже, чем на частоте 1 000 *гц*.

На частоте 1 000 *гц* порог болевого ощущения составляет 100 *Па*, что соответствует увеличению давления по сравнению с порогом слышимости в 5 млн. раз. Удобно выражать громкость звука в децибелах *(дб)*. Примеры различных уровней громкости в децибелах приведены на рис. 1.

Основные частоты музыкальных инструментов и человеческих голосов не выходят за пределы 40—8 000 *гц*. Однако для неискаженной передачи всех оттенков речи и особенностей звучания некоторых музыкальных инструментов и типичных голосов надо передавать и колебания с частотами до 16 000 *гц*. Частоты колебаний музыкальных инструментов и некоторых голосов приведены на рис. 2.

Если при передаче по радио или телефону не обеспечивается воспроизведение всей полосы частот, свойственных данному инструменту или голосу, то возникают частотные искажения.

ИСКАЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ЗВУКА [1]

При передаче и воспроизведении звуков возможны два вида основных искажений: частотные и нелинейные.

Частотные искажения заключаются в том, что при преобразовании звуковых колебаний в электрические, усилении последних и преобразовании их затем в звуковые происходит неодинаковое усиление колебаний разных частот. Некоторые из колебаний воспроизводятся лучше, другие — хуже. Если, например, в результате преобразований колебания с частотами порядка тысяч герц воспроизводятся хуже, чем низкочастотные, то женский голос можно принять за мужской. Характерные для женского голоса колебания будут воспроизводиться плохо.

При больших частотных искажениях трудно различить некоторые звуки и слова, сходные по звучанию.

Нелинейные искажения заключаются в том, что в процессе преобразования звука к нему добавляются колебания, ранее в нем не содержавшиеся. В результате при воспроизведении звука с резко выраженными нелинейными искажениями слышится «дребезжание».

Если, например, усиливаются колебания какой-либо определенной частоты, то при отсутствии нелинейных искажений мы получим колебания той же частоты, но с большей амплитудой.

При наличии же искажений к колебаниям этой частоты прибавятся или усилятся колебания кратных частот (удвоенной, утроенной и т. д.), т. е. второй, третьей и т. д. гармоник. Величина нелинейных искажений определяется коэффициентом гармоник, характеризующим их мощность относительно мощности колебания основной частоты в процентах [2]. Считается допустимым, если коэффициент гармоник менее 5%. При коэффициенте гармоник больше 17% звучание становится неприятным.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ МИКРОФОНЫ [3]

При радиопередачах и звукозаписи применяют в настоящее время преимущественно электродинамические микрофоны. Они вносят незначительные искажения и не требуют для своей работы источника питания.

Электродинамический микрофон (рис. 1) состоит из постоянного магнита *1*, имеющего форму кольца (полюсы его обозначены буквами С и Ю), намагничивающего жестко скрепленные с ним фланец *2* и керн *3* из мягкой стали, между которыми имеется узкий кольцевой промежуток — зазор *4*. В зазоре образуется сильное магнитное поле. Звуковые волны воздействуют на изготовленную из тонкого листового алюминия мембрану *5*, к которой приклеена цилиндрическая катушка *6* из изолированного провода. Эта катушка расположена в зазоре между фланцем и сердечником, но не соприкасается с ними.

Когда на мембрану воздействует область повышенного давления воздушной звуковой волны, мембрана несколько прогибается, катушка перемещается в глубь зазора и в ее обмотке индуктируется ток одного направления. Когда же мембрана испытывает воздействие области пониженного давления звуковой волны, она вместе с катушкой движется в обратном направлении и в катушке возникает ток другого направления. Таким образом, при колебаниях мембраны под действием звуковых волн в катушке возникает переменный ток низкой (звуковой) частоты. Этот ток подается на вход усилителя.

---

[1] Рогинский В. Ю. и Фейгельс В. З. От микрофона до громкоговорителя. Госэнергоиздат, 1955 (Массовая радиобиблиотека).

[2] Этот коэффициент иногда называют коэффициентом нелинейных искажений. (*Прим. ред.*)

[3] Справочник начинающего радиолюбителя, раздел 7, изд. 1-е, Госэнергоиздат, 1964. (Массовая радиобиблиотека).

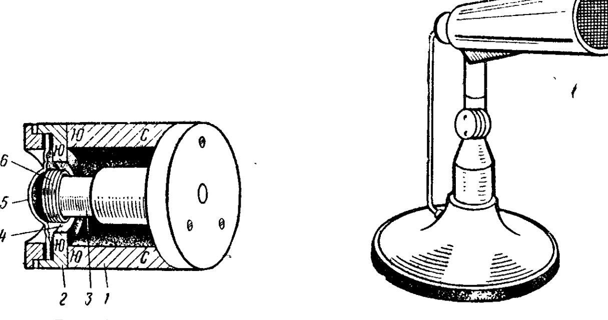


Рис. 1. Устройство электродинамического микрофона.

Чем громче звук, действующий на мембрану микрофона, тем сильнее она колеблется и тем большее напряжение развивает микрофон.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ [1]

В радиоприемниках, телевизорах, магнитофонах применяют электродинамические громкоговорители (рис. 2).

Громкоговоритель с постоянным магнитом устроен так: магнит *М* в форме кольца или керна из специального сплава создает сильное магнитное поле в зазоре (узком кольцевом промежутке) между керном и фланцем (см. рисунок). Последний изготовлен из мягкой стали. В громкоговорителе с кольцевым магнитом керн сделан из такого же материала, а в громкоговорителе, в котором магнитом является керн, из мягкой стали изготовлено кольцо. В некоторых громкоговорителях с керновым магнитом вместо кольца применена скоба из мягкой стали.

В зазоре находится катушка из изолированного провода — звуковая катушка *ЗК*. Каркас ее приклеен к вершине бумажного конуса — диффузора *Д*. Катушка не соприкасается ни с сердечником, ни с фланцем (это обеспечивается центрирующей шайбой *ЦШ*) и потому может свободно перемещаться в зазоре. Через звуковую катушку проходит переменный ток звуковой частоты и вокруг ее витков образуется переменное магнитное поле.

При одном направлении тока в катушке в результате взаимодействия между магнитными полями катушки и магнита возникает электродинамическая сила, стремящаяся вытолкнуть катушку из зазора. Когда же ток в катушке и соответственно создаваемое им магнитное поле изменят направление, то изменяется на обратное и направление силы, стремящейся теперь втянуть катушку глубже в зазор. Поэтому при прохождении переменного тока через звуковую катушку она в такт с изменениями направления тока перемещается вдоль зазора то в одну, то в другую сторону и тем самым приводит в колебательное движение диффузор, который при этом создает звуковые волны. Чем больше амплитуда тока через звуковую катушку, тем больше размах ее колебаний и диффузора и громче создаваемый громкоговорителем звук.

В громкоговорителе с подмагничиванием как кольцо, так и керн изготовлены из мягкой стали, а на керн надета катушка, состоящая из большого числа витков изолированного провода, — катушка подмагничивания. При пропускании через нее постоянного тока керн, фланец и кольцо намагничиваются и в зазоре образуется сильное магнитное поле.

---

[1] По разным источникам.

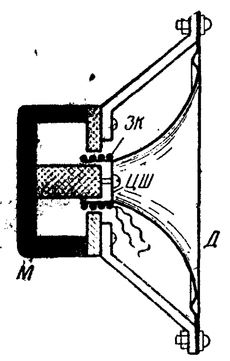


Рис. 2. Электродинамический громкоговоритель.

Работает такой громкоговоритель так же, как и громкоговоритель с постоянным магнитом. Мощность электрического тока, расходуемая на подмагничивание громкоговорителя для радиоприемника, обычно составляет 5—6 *вт*.

Большинство электродинамических громкоговорителей имеет звуковые катушки с сопротивлением всего несколько ом. Чтобы такой громкоговоритель нормально работал, через его звуковую катушку необходимо пропускать переменный ток значительной силы при напряжении, не превышающем обычно несколько вольт. Но в анодной цепи электронной лампы или в цепи коллектора транзистора переменная составляющая напряжения значительно больше, а переменная составляющая тока меньше. Поэтому звуковую катушку громкоговорителя обычно присоединяют к этим цепям через понижающий трансформатор, преобразующий напряжения в более низкие при соответственно бо́льших токах. Трансформатор имеет сердечник из пластин специальной электротехнической стали. Первичная его обмотка имеет большое число витков сравнительно тонкого провода, а вторичная, к которой присоединяется звуковая катушка громкоговорителя, — значительно меньшее число витков большего диаметра.

Номинальная мощность громкоговорителя — это такая подводимая к нему мощность переменного тока низкой частоты, при которой вносимые громкоговорителем нелинейные искажения не превышают заданной величины — обычно около 10% на частотах до 200 *гц* и 5—7% на частотах 200—2000 *гц*.

Если подвести к громкоговорителю мощность больше номинальной, то он перегружается и нелинейные искажения становятся ощутимыми на слух.

Номинальная мощность громкоговорителя является наибольшей мощностью, которая может быть к нему подведена; величину ее в вольт-амперах указывают в паспорте громкоговорителя и она входит в название типа громкоговорителя как первая цифра.

Так, например, номинальная мощность громкоговорителя 1ГД-28 равна 1 *ва*, а для громкоговорителя 3ГД-2 она составляет 3 *ва*.

Номинальная мощность используемого громкоговорителя должна быть равна, а еще лучше превышать номинальную выходную мощность оконечного каскада радиоприемника или усилителя.

Полное сопротивление громкоговорителя — это сопротивление его звуковой катушки, измеренное на переменном токе. На нижних частотах его величина почти приближается к сопротивлению провода звуковой катушки при постоянном токе. С увеличением частоты сказывается индуктивное сопротивление звуковой катушки, вызывающее повышение полного сопротивления громкоговорителя.

В паспортах громкоговорителей и справочниках обычно указывают полное сопротивление звуковой катушки на частоте 1 000 *гц*.

Частотная характеристика громкоговорителя выражает графически зависимость создаваемого громкоговорителем звукового давления от частоты при неизменной мощности, подводимой к громкоговорителю. Обычно по оси ординат частотной характеристики откладывают уровень звукового давления, которое получается на расстоянии 1 *м* от громкоговорителя (по оси диффузора) при подаче на громкоговоритель мощности переменного тока, на всех частотах равной 0,1 его номинальной мощности. Такие характеристики дают представление о полосе воспроизводимых громкоговорителем частот и частотных искажениях в рабочей полосе.

В приемниках желательно было бы применять громкоговорители, которые все звуковые частоты воспроизводят одинаково хорошо. Частотные характеристики таких громкоговорителей изображали бы горизонтальными прямыми. Однако у реальных громкоговорителей частотные характеристики

непрямолинейны, т. е. одни частоты они воспроизводят лучше, другие хуже. Чем ровнее частотная характеристика громкоговорителя, тем он лучше.

Чтобы повысить качество звуковоспроизведения, а также в случаях, когда номинальная выходная мощность оконечного каскада усилителя низкой частоты превышает номинальную мощность громкоговорителя, применяют вместо одного два громкоговорителя или большее их число.

При этом нужно иметь в виду следующее. Звуковая катушка громкоговорителя вместе с диффузором и системой его подвески представляет собой электромеханическую систему, имеющую собственную резонансную частоту (40—300 *гц*). На этой частоте громкоговоритель резко увеличивает отдачу звуковой энергии, вследствие чего верность воспроизведения ухудшается.

При параллельном соединении громкоговорителей звуковая катушка каждого из них оказывается зашунтированной весьма малым сопротивлением звуковых катушек всех других громкоговорителей. При последовательном соединении такого шунтирования нет.

Поскольку резонансные свойства проявляются слабее при шунтировании, то предпочтение нужно отдать параллельному соединению. Его достоинством является и то, что в случае выхода из строя одного из громкоговорителей звуковоспроизведение сохраняется.

При любом способе соединения (параллельном, последовательном) двух или нескольких громкоговорителей суммарная частотная характеристика группы громкоговорителей становится более равномерной и качество звуковоспроизведения улучшается. Это объясняется тем, что частотные характеристики отдельных экземпляров громкоговорителей одного типа неодинаковы: провалы и пики на характеристиках обычно бывают на разных частотах и взаимно компенсируются.

СТЕРЕОЗВУК [1]

«Зачем человеку два уха?» Этот, на первый взгляд, смешной вопрос задал мне сосед по квартире — восьмилетний Валерка. Один из «почемучек», которым всегда хочется все узнать. Я предложил Валерке проделать простейший опыт — плотно закрыть одно ухо рукой.

Действительно, попробуйте сами проделать то же самое. Вы сразу же потеряете ощущение пространства и уже не сможете определить, где находится источник звука, насколько он удален от Вас, куда перемещается.

Объясняется это тем, что наши уши, расположенные на расстоянии 15—20 *см* одно от другого, образуют своеобразный дальномер, который подобно дальномеру фотоаппарата или радиопеленгатору позволяет определить направление на источник звука и ориентировочно судить о расстоянии до него.

Информация об услышанном звуке по нерву немедленно поступает в мозг, в эту изумительную машину, где не только с колоссальной точностью и скоростью анализируется сила, основная частота и характер изменения звука, но и непрерывно сравниваются звуки, пришедшие с разных направлений. И хотя относительное ослабление звука для левого или правого уха может составлять лишь тысячные доли процента, а запаздывание не превышает 0,0001 *сек*, все же эти ничтожные различия позволяют достаточно точно почувствовать место расположения звука.

Итак, наличие «приемников» звука, находящихся на некотором расстоянии один от другого, создает у человека пространственное слуховое восприятие, получившее название бинаурального эффекта (в переводе «эффект двух ушей»). Поэтому-то звук становится «плоским» и Вы перестаете ощущать пространство, когда закрываете одно ухо. Особенно сильно это чувствуется на шумной улице, где источники звука — автомобили, трамваи, разговаривающие люди — непрерывно перемещаются в разных направлениях (рис. 1).

Когда Вы находитесь в зале театра и слушаете большой музыкальный ансамбль, например оперу в сопровождении оркестра, бинауральный эф-

[1] По статье Р. Сворень, «Знание — сила», 1960, № 5 (с сокращениями).

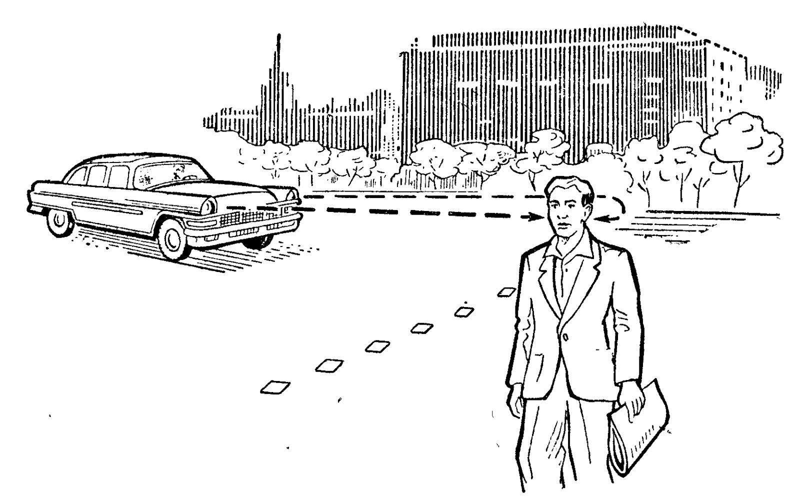


Рис. 1.

фект помогает Вам четко различать голоса отдельных певцов, замечать, как они двигаются по сцене, хорошо чувствовать многозвучность большого оркестра.

Но не пытайтесь искать все эти качества, когда слушаете концерт, транслируемый по радио, если даже у Вас приемник высшего класса. Почему? Да потому, что звуки, возникающие в равных частях сцены, передаются вместе по одному каналу связи, по одной паре проводов, через одни и те же усилители и радиостанцию и воспроизводятся также с помощью общего усилителя и агрегата громкоговорителей.

На сцене может стоять несколько микрофонов, но провода от них сходятся в одну точку и в месте приема уже невозможно определить, с какой стороны идут звуки.

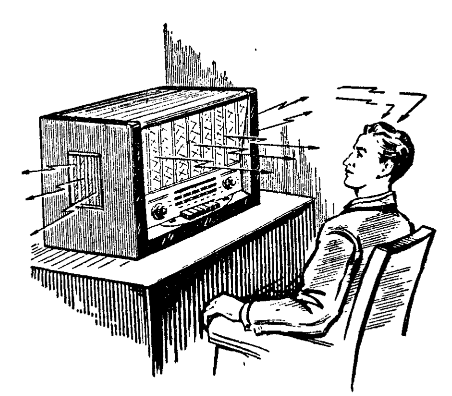
Обман, очень похожий на правду. Можно ли каким-нибудь путем осуществить стереофоническое воспроизведение звука? Конечно, можно. Для этого на сцене достаточно установить несколько микрофонов, в помещении, куда транслируется передача, разместить в таком же порядке громкоговорители, каждый из которых соединяется с соответствующим микрофоном. При такой системе громкоговорители почти в точности воспроизведут звуковую картину, существующую на сцене.

Многоканальная стереофония нашла применение, например, в панорамном кино, где используется девять звуковых каналов. Звук записывается с помощью девяти групп микрофонов на пленку. При демонстрации фильма эта фонограмма воспроизводится специальным девятиканальным магнитофоном и девятью группами громкоговорителей, расположенных в разных местах зрительного зала. Более проста четырехканальная система, применяемая в широкоэкранном кино, но и она дает изумительный стереофонический эффект.

Однако ни та, ни другая система практически непригодна для вещания по проводам, для радиовещания и звукозаписи на пластинку. Действительно, даже при использовании четырехканальной системы трансляция стереофонических передач требует четырех пар проводов или четырех радиостанций, причем для приема таких передач необходимы четыре радиоприемника. Любителю звукозаписи пришлось бы проигрывать четыре пластинки сразу, и вращаться они должны с абсолютно одинаковой скоростью. Опоздание на 0,0001 *сек* уже недопустимо.

Такие усложнения практически совершенно неприемлемы.

Начались попытки искусственно создать в массовой радиоаппаратуре — приемниках, радиолах, телевизорах — хотя бы подобие стереозвука. Появились акустические системы объемного звучания, в настоящее время применяемые в некоторых отечественных приемниках и радиолах. В этих приемниках громкоговорители расположены не только на передней стенке ящика, но и на двух боковых, поэтому создается впечатление, что звук исходит не из одной точки (рис. 2).


Рис. 2.

В усилителе низкой частоты верхние и нижние звуковые частоты разделяют и подают на разные громкоговорители. В результате различного отражения звуков различных частот от стен комнаты Вам кажется, что с одной стороны к Вам идут низкие звуки, которые в основном соответствуют басам и таким инструментам, как барабан, контрабас, виолончель, а из другой до Вас доносятся высокие и чистые звуки флейт и скрипок, женские голоса. Такое искусственное «размещение» исполнителей в пространстве хотя и создает какое-то подобие стереофонии, но не имеет ничего общего с тем, что Вы услышали бы, находясь в зрительном зале.

Нельзя ли упростить стереофонические системы, сделать их доступными для внедрения в массовую радиоаппаратуру? Оказывается, можно.

Как показали многочисленные исследования советских и зарубежных специалистов, стереофоническую передачу можно осуществить, используя два канала. Это подтверждалось экспериментами, проведенными еще в 1935 г. профессором И. Г. Гороном в Москве в Государственной лаборатории звукозаписи.

При двухканальной передаче воспроизводимый звук мало отличается от реальной звуковой картины.

На одной пластинке. Двухканальный стереофонический магнитофон представить себе нетрудно. Он подобен обычному магнитофону, но у него два комплекта магнитных головок [1]. Один из них будет записывать, например, звук правого стереоканала на верхней дорожке (на верхней половине ленты), а второй — звук левого стереоканала на нижней дорожке. В дальнейшем звук, воспроизведенный с каждой из магнитных дорожек, поступит на отдельный громкоговоритель, благодаря чему и создастся стереоэффект (рис. 3).

Сложнее решается задача стереофонической грамзаписи. О том, чтобы использовать для этой цели два электрофона [2] и две пластинки, не может быть и речи хотя бы потому, что практически невозможно синхронизировать работу этих электрофонов с точностью до тысячных долей секунды. Задача решается путем одновременной записи обоих стереоканалов на одной пластинке и даже, более того, в одной звуковой канавке.

Под действием записываемого звука на обычной пластинке появляется волнистая канавка. Она является своеобразным портретом записываемого звука, так как характер ее изгиба полностью зависит от силы и частоты звука. Когда игла звукоснимателя движется по пластинке, она колеблется в соответствии с извилинами канавки и на стенках пьезокристалла, связанного с иглой, появляется переменное напряжение — электрическая копия записанного звука.

---

[1] Об устройстве магнитных головок — см. стр. 264.

[2] Электрофоном называют устройство для воспроизведения записей на граммофонных пластинках через громкоговоритель. В него кроме звукоснимателя и громкоговорителя входит и усилитель низкой частоты.

Рис. 3.

Принятый в СССР способ получения стереофонической пластинки, обозначаемый условно 45/45, состоит в том, что стенки звуковой канавки делают наклонными под углом 45° к плоскости пластинки, т. е. под углом 90° одна относительно другой. С помощью специального записывающего прибора — рекордера — на каждой из стенок канавки осуществляют запись одного из стереоканалов.

Очевидно, что при этом форма одной из стенок канавки может оказаться совсем непохожей на форму другой — все зависит от характера звуков в правом и левом стереоканалах.

Воспроизведение стереофонических записей осуществляется с помощью специального звукоснимателя, в котором вместо одного пьезокристалла

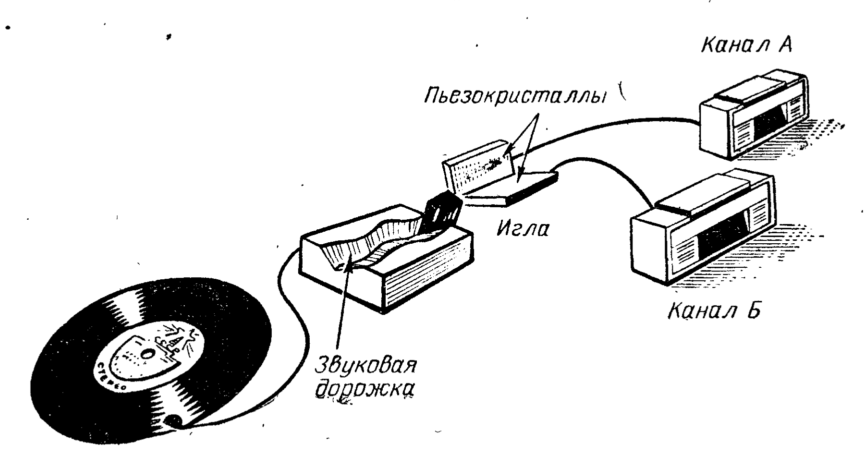


Рис. 4.

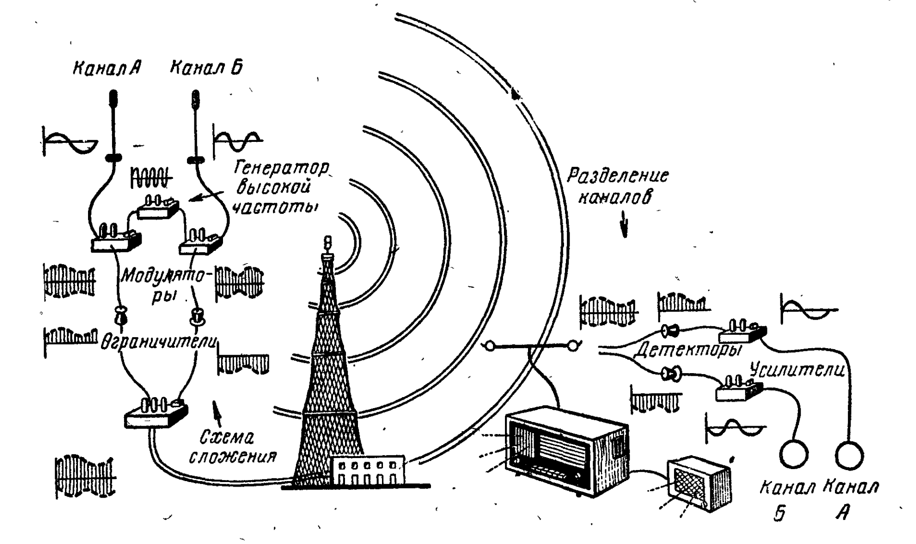


Рис. 5.

имеются два, расположенные под углом 90° один относительно другого (рис. 4) [1].

Благодаря такому расположению электрический сигнал на одном из кристаллов появляется лишь под действием изгибов левой стенки звуковой канавки, а на другом кристалле — под действием изгибов правой стенки. Так осуществляется разделение каналов стереозаписи.

Время звучания стереофонической пластинки примерно такое же, как и обычной долгоиграющей.

Через одну радиостанцию. Подобно тому как стереофоническую грамзапись можно выполнить на одной пластинке, двухканальную стереофоническую радиопередачу можно осуществить через одну радиостанцию.

Используя один из распространенных видов модуляции — амплитудную, можно заставить высокочастотный ток раздельно «запечатлеть» каждый из двух стереоканалов, но так, чтобы в приемнике было легко их разделить. Для этого положительные полупериоды высокочастотного тока модулируют одним каналом, а отрицательные — вторым.

Но осуществить такую двухполярную модуляцию не так-то просто. Дело в том, что при амплитудной модуляции одинаково изменяются как положительные, так и отрицательные полупериоды высокочастотного тока и график модулированного сигнала практически симметричен относительно оси времени. Однако можно, взяв два высокочастотных тока с одинаковой частотой, промодулировать каждый из них отдельно сигналом одного из каналов. Далее с помощью полупроводниковых диодов, пропускающих ток только в одну сторону, надо у первого сигнала «срезать» отрицательные полупериоды, а у второго— положительные и, наконец, сложить оба модулированных сигнала в общей электрической цепи. В результате всех этих операций мы получим нужный нам «гибрид» — высокочастотный ток, раздельно модулированный каждым из стереоканалов (рис. 5) [2].

---

[1] Устройство звукоснимателя описано в статье на стр. 248.

[2] Этот сложный модулированный по амплитуде сигнал модулирует по частоте ток в антенне радиопередатчика, работающего на ультракоротких волнах. (*Прим. ред.*)

В приемнике эти каналы легко разделить также с помощью полупроводниковых диодов [1]. Один из них пропустит лишь положительные полупериоды, а второй — отрицательные, и, таким образом, стереоканалы вновь будут разделены.

У такого приемника, так же как у стереомагнитофона или электрофона, должны быть два усилителя низкой частоты с громкоговорителями.

Отечественная радиопромышленность выпускает стереофонические радиолы: «Симфония 2», «Рига 101», стереофонический электрофон РГ5С.

Стереофоническое вещание можно принимать на обычный приемник (конечно, не получая при этом стереоэффекта). В свою очередь стереоприемник легко принимает обычные передачи. Точно так же на стереоэлектрофоне можно воспроизводить обычные грамзаписи.

Необходимо отметить еще и ту работу, которую двухканальная стереофония может выполнять «по совместительству». Дело в том, что по каждому из стереоканалов можно передать отдельную монофоническую программу и в приемнике легко выделить одну из этих передач. Практически это значит, что футбольный матч можно комментировать одновременно на двух языках или осуществлять двухъязыковое звуковое сопровождение при передаче по телевидению кинофильмов. Эта особенность приобретает исключительное значение для наших союзных республик, а также при международном обмене телевизионными передачами.

ЛИТЕРАТУРА

Изюмов Н. М. и Линде Д. П. Основы радиотехники, изд. 2-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека), 480 стр. Книга входит в учебную серию МРБ; представляет собой учебник для самообразования.

В ней систематически изложены основные явления и законы, используемые в радиотехнике, и охвачен широкий круг вопросов: принципы радиосвязи, электрические цепи переменного тока, связанные контуры, электрические фильтры, длинные линии, антенны, распространение радиоволн, электровакуумные и полупроводниковые приборы, усилители электрических колебаний, генерирование электрических колебаний, преобразование электрических колебаний, радиопередающие устройства, радиоприемные устройства.

В заключительной главе даны области применения радиотехники. Авторы стремились сделать книгу доступной массовому читателю. Хотя в ней использованы только элементарная алгебра и основные формулы тригонометрии, приводятся строгие доказательства важнейших положений. В тех случаях, когда дать элементарное математическое описание не представляется возможным, оно заменяется объяснением физической стороны вопроса.

Поэтому книгу можно рекомендовать радиолюбителям со средним образованием, радиооператорам, радиомеханикам и работникам других специальностей, занимающимся эксплуатацией радиотехнических устройств, желающих повысить свою радиотехническую квалификацию.

Книга может быть ценным пособием для руководителей радиокружков.

Готовится новое, третье издание.

Жеребцов И. П. Радиотехника, изд. 5-е, переработ. и доп. Связьиздат, 1965, 656 стр.

Популярно, в доступной форме изложены основы радиотехники. Главы книги: Введение. Колебательные контуры. Линии, волноводы и объемные резонаторы. Антенные устройства и распространение радиоволн. Электронные и ионные приборы. Полупроводниковые электронные приборы. Выпрямители. Электроакустические приборы. Усилители низкой частоты. Генераторы и передатчики. Радиоприемники. Радиоизмерения.

[1] Предварительно в приемнике проводится двукратное преобразование частоты принятого сигнала. (*Прим. ред.*)

Каждая глава содержит контрольные вопросы и задачи.

Книга рассчитана на читателя, знающего элементарную электротехнику; может служить пособием для изучения радиотехники путем самообразования, а также в радиокружках и различных учебных заведениях.

Справочник начинающего радиолюбителя. Под общ. ред. Р. М. Малинина, изд. 3-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека), 656 стр.

Справочник предназначен для широкого круга лиц, начинающих заниматься радиолюбительством. Он содержит краткие теоретические сведения из области радиотехники, практические схемы радиовещательных приемников и телевизора, указания и рекомендации по их конструированию, монтажу и налаживанию, сведения об электровакуумных и полупроводниковых приборах, а также радиодеталях широкого применения. Рекомендуем прочитать первый раздел первой части с подзаголовком «Радиопередача и радиоприем»; он содержит следующие материалы: Токи высокой частоты. Передающая радиостанция. Радиоволны. Диапазоны радиоволн. Радиотелефонная модуляция. Радиоприем. Сигналы и каналы. Децибелы.

Борисов В. Г., Отряшенков Ю. М. Юный радиолюбитель, изд. 3-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 576 стр.

Юные радиолюбители — наиболее многочисленный отряд армии советских радиолюбителей. Учащимся школ радиолюбительство помогает закреплять на практике знания физики, приобщает их к общественно полезному труду, расширяет общетехнический кругозор.

В форме популярных бесед книга знакомит с элементарной электротехникой и радиотехникой. Она содержит 50 описаний различных конструкций приемников и усилителей, радиоузла, УКВ радиостанции, телемеханической аппаратуры, простых измерительных приборов, учебно-наглядных пособий по радиотехнике.

Заключительная, двадцать седьмая беседа книги называется «Радиокружок в школе». В ней даны советы по организации работы кружка радиолюбителей в школе, по оборудованию его комнаты, изготовлению учебно-наглядных пособий и приборов коллективного пользования.

Прилагается примерная программа радиокружка.

Книга предназначена для радиокружков, работающих в школах и внешкольных учреждениях.

Готовится новое издание.

Пруслин З. М. и Смирнов М. А. Радиотехника и электроника. Учебное пособие для учащихся профессионально-технических училищ. Изд-во «Высшая школа», 1966, 286 стр.

Изложены принципы передачи информации посредством радиоволн (радиосвязь, радиовещание, радиолокация, телевидение). Основное внимание уделено рассмотрению физических процессов в радиоустройствах.

Книга написана в соответствии с программами по радиотехнике и электронике для регулировщиков и монтажников радиоаппаратуры.

Словарь радиолюбителя. Под общ. ред. Л. П. Крайзмера и С. Э. Хайкина, изд. 3-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 740 стр.

Предыдущие два издания были написаны известным популяризатором, лауреатом Золотой медали им. А. С. Попова, проф. С. Э. Хайкиным.

Успеху первых двух изданий способствовало умение автора строго научно и в то же время предельно просто объяснять сложные физические процессы и термины.

Основная цель словаря — помочь радиолюбителю по мере надобности приобретать или расширять свои знания по отдельным вопросам. В словаре много места уделено физическим явлениям и понятиям, технические вопросы разъясняются более кратко.

Третье издание дополнено большим числом новых терминов, появившихся в результате быстрого развития радиотехники, телевидения, техники полупроводниковых приборов, импульсной техники, автоматики, кибернетики, радиолокации. К подготовке третьего из-

дания была привлечена группа из одиннадцати авторов, являющихся специалистами в области собственно радиотехники и в смежных областях.

Объяснения терминов, относящихся к общим вопросам радиотехники (физические основы электротехники и радиотехники, электронные лампы, вопросы излучения, распространения и приема радиоволн и т. п.), взяты из второго издания. Переработка терминов, взятых из второго издания, выполнена С. Э. Хайкиным, им же написаны заново объяснения некоторых терминов общего характера, отсутствовавших во втором издании.

Эта работа С. Э. Хайкина в Массовой радиобиблиотеке была последней. В 1968 г. С. Э. Хайкин скончался.

Готовится четвертое издание словаря радиолюбителя.

Айсберг Е. Радио?...Это очень просто! Изд. 2-е, переработ. и доп., пер. с франц., под ред. А. Я. Брейтбарта. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 208 стр.

Эта книга выдержала 27 изданий во Франции и переведена в 16 странах. Первое русское издание, выпущенное в 1963 г. тиражом 200 000 экз., очень быстро разошлось и вызвало положительные отклики в печати и среди читателей.

Книга адресована начинающим радиолюбителям всех возрастов. Внимательное чтение книги позволит начинающему радиолюбителю проникнуть без особого труда в «тайны радиотехники» — одну из наиболее интересных областей техники.

Не менее полезна она техникам, стремящимся систематизировать свои знания, желающим привести в систему большое количество технических новинок и идей, накопленных благодаря стремительному развитию радиотехники.

«Чтобы популяризовать, — пишет автор, — нет нужды быть вульгарным, чтоб быть простым, нет необходимости объяснять упрощенно, и, наконец, чтобы быть серьезным, нет необходимости быть скучным.»

Автору удалось избежать этих трех подводных камней. Он излагает материал на принципах современной науки; он решительно отказался от «упрощенчества» в ущерб истине.

Чтоб избежать академической сухости, автор использовал форму беседы, помогающей легкому усвоению книги. Картинки на полях развлекают читателя, иллюстрируя остроумные реплики и смелые сравнения, которыми обмениваются персонажи книги.

Климчевский Г. Азбука радиолюбителя, изд. 2-е, пер. с польск. Изд-во «Связь», 1968, 230 стр.

Адресованная юным радиолюбителям эта хорошо иллюстрированная книга поможет читателю сделать первые шаги в изучении радиотехники.

Первые три части книги: «Электротехника», «Радиотехника», «Практические сведения» дают необходимые теоретические сведения и учат читать схемы. В заключительной части «Монтируем сами» начинается собственно радиолюбительство, практическая деятельность по самостоятельному монтажу простейших конструкций.

Белоцерковский Г. Б. Основы радиотехники и антенны. Учебник для техникумов. Изд-во «Советское радио», 1969, 432 стр.

В т. 1 «Основы радиотехники» рассматриваются общие принципы радиотехники, колебательные контуры и фильтры, основы теории длинных линий, электромагнитные волны, радиопомехи и общие вопросы радиоприема в условиях помех. Много внимания уделяется физической сущности явлений.

Аннотацию на т. 2 книги смотрите в литературе к гл. 4.

Браммер Ю. А., Малинский В. А. и Пащук И. Н. Радиотехника, изд. 2-е. Изд-во «Высшая школа», 1969, 536 стр.

Учебник для техникумов в двух томах. В т. 1 изложены физические основы радиотехники телевидения и радиолокации. Рассмотрена работа радиоприемных и радиопередающих устройств, описаны методы радиотехнических измерений.

Второй том учебника посвящен распространению радиоволн и антенным устройствам.

Стейнберг У. Ф., Форд У. Б. Электро- и радиотехника для всех, пер. с англ. Изд-во «Советское радио», 1969, 368 стр.

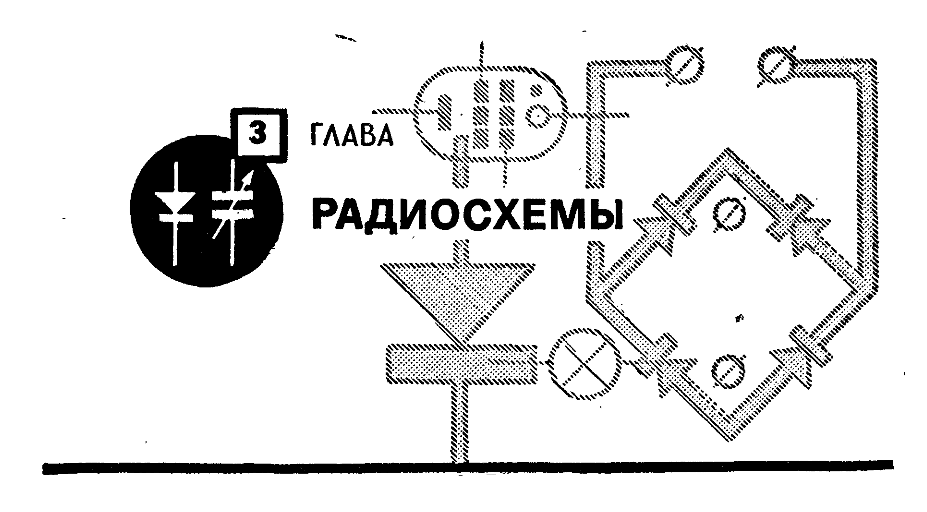
В начале книги рассказано об использовании электро- и радиотех-

ники в различных областях техники, учреждениях, предприятиях и в быту. Далее читатель знакомится с простейшими электрическими схемами, приборами и устройствами, применяемыми в повседневной жизни, а затем с радиотехническими схемами и радиоаппаратурой.

Практика начинается с первых страниц. Читатель узнает, как выполнить электрическую проводку, установить звонок, для чего существуют предохранители, как осуществлять пайку. Далее рассказывается о распространении радиоволн, транзисторах, телевизионных трубках, телевизорах. Читатель знакомится с цветным телевидением, радиолокацией и другими применениями радиоэлектроники.

Книга рассчитана на широкий круг читателей. Она может быть полезной для школьников 6—8 классов и учащихся профучилищ.

В конце каждой главы книги содержатся контрольные вопросы.



ВОЗНИКНОВЕНИЕ РАДИОСХЕМ

Всего 70—80 лет назад человек, желавший изобразить устройство электрического прибора или аппарата, вынужден был рисовать целую картину: внешний вид деталей, соединительных проводов и даже стол, на котором все это располагалось.

Провод в те времена изготовляли вручную, стоил он дорого и его берегли, применяя одни и те же отрезки в разных экспериментах. Лишние куски не отрезали, а для того, чтобы не получалось путаницы чересчур длинных проводов, их свертывали в длинные спирали, которые можно было растягивать в меру необходимости. Поэтому провода, как правило, рисовали завитыми в спираль. Нарисовать электрический прибор мог только тот, кто обладал художественными навыками, и обычно выполнение такого рисунка требовало затраты большого труда.

Электротехникой, а затем и радиотехникой часто занимались лица, не умевшие рисовать. По необходимости они сильно упрощали рисунки электрических деталей. Чем проще по начертанию были такие рисунки, тем легче было их воспроизводить

и тем большее распространение они получали. В конце концов эти рисунки стали настолько условными, символическими, что порой нелегко бывало представить себе их исходный вид. Такие упрощенные и общепринятые рисунки называют условными обозначениями. При этом в разных областях техники применяют свои системы условных обозначений.

Наибольшее широко распространенные условные обозначения сведены теперь в ряд ГОСТов, которые образуют единую систему конструкторской документации в Советском Союзе, применение которой обязательно. Некоторые из условных обозначений настолько наглядны, что легко себе представить рисунок и деталь, которые они изображают. Например, точка на символе соединения проводов (рис. 1) условно изображает каплю олова, обеспечивающую электрический контакт; символ телефона напоминает вид этого прибора. Однако есть схемные обозначения, которые не напоминают внешнего вида изображаемых деталей, но хорошо представляют принцип их работы.

Из отдельных условных изображений составляют радиосхемы, называемые принципиальными. Не зная условных обозначений, невозможно прочесть схемы. Поэтому важно прежде всего внимательно рассмотреть и постараться запомнить условные обозначения. В дальнейшем, если придется составлять или чертить схему, важно заботиться о том, чтобы пропорции символов и их относительные размеры были такими же, как на приведенных рисунках, иначе схему будет трудно читать другим.

Условные обозначения радиодеталей часто дополняют значками, уточняющими характеристики изделия. Так, символ резистора, перечеркнутый наискось стрелкой, означает переменный резистор. В последние годы постепенно получают распространение значки (которые по месту простановки можно назвать отметками у значков) еще больше уточняющие характер работы или конструкции радиодетали. Например, косая черточка, поставленная у конца стрелки переменного резистора, означает, что регулирование осуществляется плавно. Для ступенчатого изменения имеется другой значок.

ОСОБЕННОСТИ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

Современная система условных обозначений элементов радиотехнических устройств во многом напоминает систему обозначения звуков речи буквами или звуков музыки нотами. Сложилась особая письменность, в которой роль букв и слов играют радиотехнические символы. Она продолжает изменяться и совершенствоваться и в наши дни.

Подобно тому, как знание букв еще не означает умения свободно читать, так и знание радиотехнических условных обозначений еще недостаточно для того, чтобы в полной мере и без затруднений пользоваться принципиальными схемами.

Рассматривая современные радиосхемы, можно заметить ряд их особенностей. Прежде всего все радиосхемы являются плоскими изображениями пространственных по своей конструкции устройств.

Другая особенность этих схем — необычайно обобщенный характер условных обозначений. Каждое из них обычно не характеризует конструкцию, размеры или иные физические параметры детали. Например, мощная генераторная лампа величиной в рост человека на схеме будет иметь такое же обозначение, как и миниатюрная лампа радиоприемника. Линия на принципиальной схеме указывает только наличие электрического соединения между различными деталями. Такое соединение может быть выполнено тонким или толстым, голым или изолированным, длинным или коротким, медным или серебряным проводником. Символ катушки индуктивности совсем не дает возможности судить о конструктивном выполнении, форме, размерах и даже о числе витков реальной катушки, не говоря уже о сечении или марке провода.

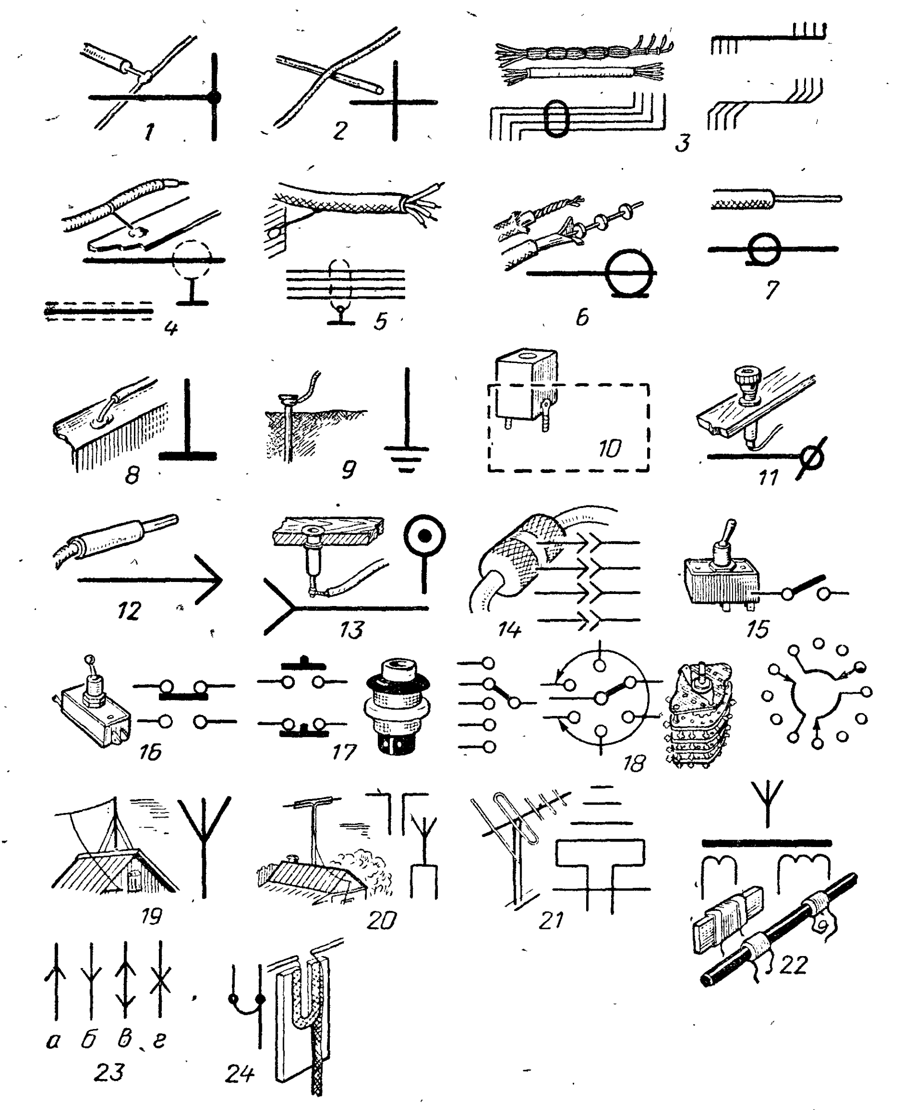


Рис. 1. Условные обозначения на принципиальных схемах.

1 — соединение двух проводов; *2* — провода пересекаются без соединения; *3* — объединение проводов в жгут (3 способа обозначения); *4* — экранированный провод (2 способа обозначения); *5* — группа проводов в общем экране; *6* — коаксиальный кабель; *7* — коаксиальный кабель, переходящий в одиночный провод; *8* — соединение с корпусом, с шасси; *9* — заземление; *10* — экранирование группы элементов (для обозначения электростатического экранирования у символа ставят букву *E*, для обозначения электромагнитного — букву *H*); *11* — зажим; *12* — штепсель; *13* — гнездо; *14* — многоконтактный штепсельный разъем; *15* — выключатель; *16* — переключатель, тумблер; *17* — кнопка на замыкание (вверху) и размыкание (внизу); *18* — переключатель многопозиционный; *19* — антенна несимметричная и общий символ антенны; *20* — вибратор симметричный и общее обозначение симметричной антенны; *21* — вибратор петлевой с тремя директорами и одним рефлектором (УКВ телевизионная антенна); *22* — магнитная антенна (общий символ можно не изображать); *23* — значки на символах антенн (применяются при необходимости уточнения): *а* — передающая; *б* — приемная; *в* — передача и прием попеременно; *г* — передача и прием одновременно; *24* — симметрирующее устройство антенны.

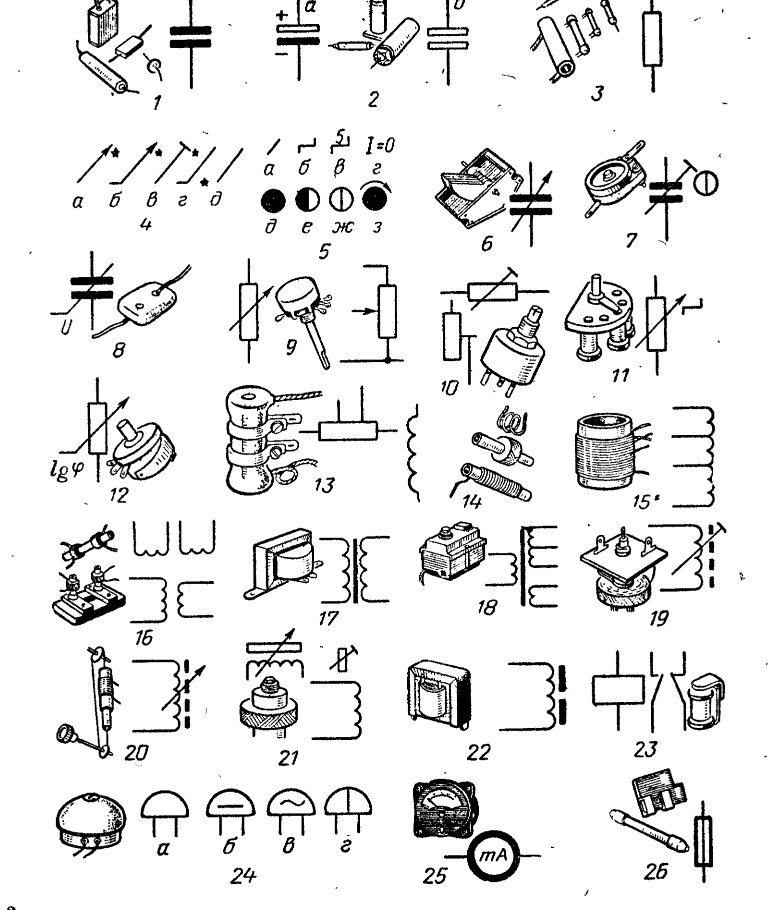


Рис. 2.

1 — конденсатор постоянной емкости; общий символ конденсатора; *2* — конденсатор электролитический: *а* — полярный; *б* — неполярный; *3* — резистор; общий символ; *4* — значки: *а* — регулируемый (переменный) общее обозначение; *б* — регулирование нелинейное; *в* — регулирование подстроечное; *г* — саморегулирование нелинейное; *д* — саморегулирование линейное. Звездочкой помечено место, куда помещается отметка у значка; *5* — отметки у значков: *а* — регулирование плавное; *б* — ступенчатое; *в* — ступенчатое на 5 ступеней; *г* — уточняющие данные, например регулирование при токе, равном нулю; *д* — ручка выведена наружу; *е* — регулирование инструментом (например, отверткой), ось выведена наружу; *ж* — регулирование инструментом, ось внутри прибора; *з* — стрелка показывает направление вращения для увеличения регулируемой величины; *6* — конденсатор переменной емкости; *7* — подстроечный конденсатор; регулировка инструментом внутри прибора; *8* — вариконд (конденсатор, емкость которого зависит от приложенного напряжения); *9* — переменный резистор, потенциометр; *10* — подстроечный резистор; *11* — переменный резистор со ступенчатым регулированием; *12* — резистор с логарифмическим изменением сопротивления в зависимости от угла поворота ручки φ; *13* — резистор с отводами; *14* — катушка индуктивности (общий символ), дроссель в. ч.; *15* — катушка индуктивности с отводами; *16* — две катушки, индуктивно связанные между собой; *17* — трансформатор с ферромагнитным сердечником; *18* — трансформатор многообмоточный; *19* — катушка с сердечником из магнитодиэлектрика и подстраиваемой величиной индуктивности; *20* — катушка, индуктивность которой регулируется сердечником из магнитодиэлектрика; *21* — катушка, индуктивность которой регулируется немагнитным сердечником; *22* — катушка с ферромагнитным сердечником, имеющим воздушный зазор, дроссель; *23* — реле электромагнитное, с одной группой контактов на замыкание и одной — на размыкание; *24* — звонок электрический: *а* — общий сивол; *б* — постоянного тока; *в* — переменного тока; *г* — одноударный; *25* — измерительный прибор; буквы указывают измеряемую единицу или величину; *26* — предохранитель (плавкая вставка).

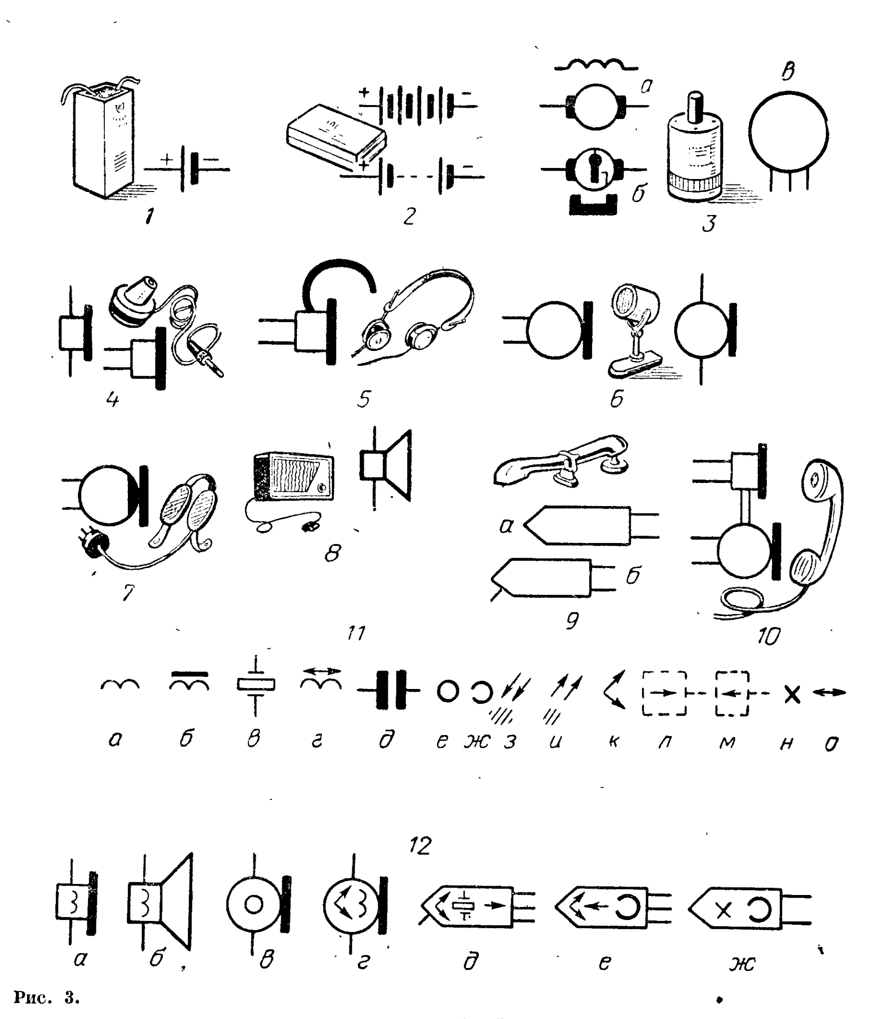


Рис. 3.

1 — элемент гальванический, аккумулятор, общий символ источника постоянного тока; *2* — батарея элементов, аккумуляторная батарея; *3* — некоторые условные обозначения электродвигателей: *а* — электродвигатель постоянного тока (обмотку возбуждения можно не изображать); *б* — электродвигатель постоянного тока с возбуждением постоянным магнитом и центробежным регулятором числа оборотов; *в* — общее обозначение трехфазного двигателя; *4* — телефон; *5* — телефон головной; *6* — микрофон; *7* — ларингофон; *8* — громкоговоритель; *9* — головка акустическая; *а* — общий символ; *б* — механическая головка (звукосниматель); *10* — микротелефон; *11* — значки для обозначения принципа действия акустических приборов: *а* — электродинамический; *б* — электромагнитный; *в* — пьезоэлектрический; *г* — магнитострикционный; *д* — электростатический (конденсаторный); *е* — угольный; *ж* — магнитный; *з*, *и* — оптический (*з* — прибор поглощающий, *и* — излучающий световую энергию); *к* — стереофонический; *л* — воспроизводящий (стрелка направлена к линии связи); *м* — записывающий; *н* — стирающий; *о* — записывающий и воспроизводящий, приемный и передающий; *12* — примеры условных обозначений акустических приборов: *а* — телефон электродинамический; *б* — громкоговоритель электродинамический; *в* — микрофон угольный; *г* — микрофон динамический стереофонический; *д* — звукосниматель пьезоэлектрический стереофонический; *е* — головка магнитная записывающая стереофоническая; *ж* — головка магнитная стирающая.

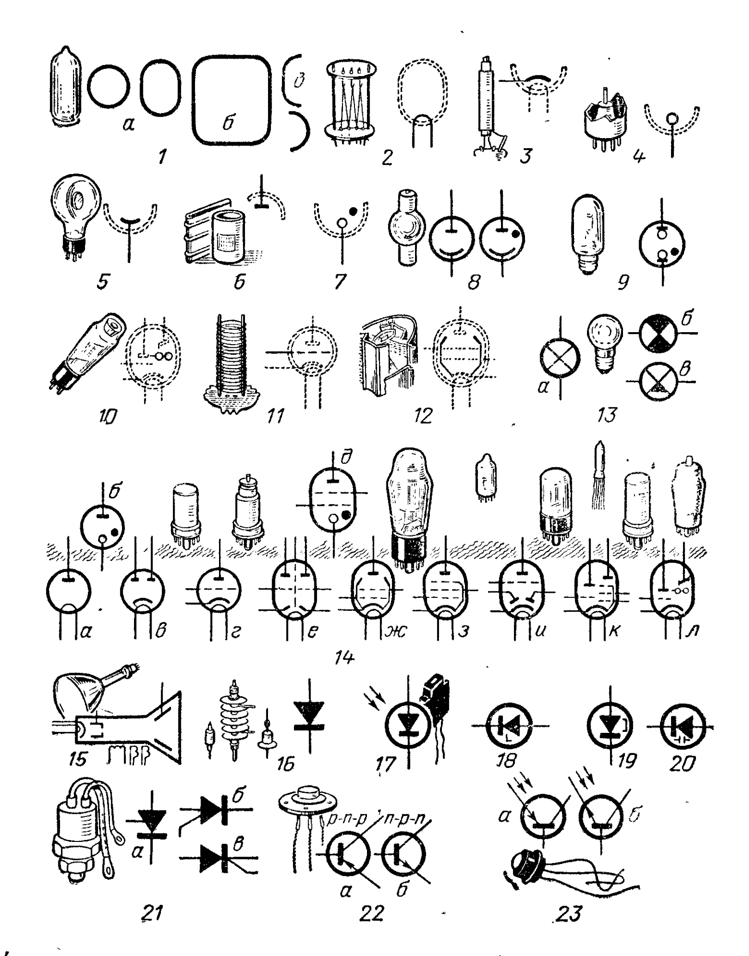


Рис. 4.

1 — баллон лампы: *а* — обычной; *б* — комбинированной с большим числом электродов; *в* — при изображении комбинированной лампы частями в разных местах схемы; *2* — нить накала; *3* — катод косвенного подогрева; *4* — холодный катод; *5* — фотокатод; *6* — анод; *7* — знак газового заполнения; *8* — фотоэлемент вакуумный и газонаполненный; *9* — газоразрядная (неоновая) лампочка; *10* — управляющий электрод оптического индикатора; *11* — управляющая сетка; *12* — лучеобразующие пластины; *13* — лампа накаливания: *а* — общий символ и символ лампы освещения; *б* — индикаторная лампа; *в* — лампа ультрафиолетового излучения; *14* — типы ламп: *а* — диод вакуумный, одноанодный кенотрон с прямым накалом; *б* — газотрон с холодным катодом; *в* — двуханодный кенотрон с катодом косвенного накала; *г* — триод; *д* — тиратрон; *е* — двойной триод; *ж* — лучевой тетрод; *з* — пентод; *и* — двойной диод-триод; *к* — триод-пентод; *л* — оптический индикатор настройки; *15* — кинескоп; *16* — вентиль, выпрямитель, полупроводниковый диод; *17* — фотодиод; *18* — стабилитрон полупроводниковый (лавинный диод); *19* — туннельный диод; *20* — варикап (диод с емкостью запорного слоя, зависящей от приложенного напряжения); *21* — управляемый полупроводниковый диод (тиристор): *а* — общий символ; *б* — с управляющим выводом из области *n*; *в* — с выводом из области *p*; *22* — триод полупроводниковый: *а* — структуры *p-n-p*; *б* — структуры *n-p-n*; *23* — фототриод полупроводниковый: *а* — структуры *p-n-p*; *б* — структуры *n-p-n*.

Но если условные изображения так мало говорят о физических параметрах деталей, если принципиальная схема в целом не дает какого бы то ни было представления о реальном размещении деталей, то почему же такие схемы получили широкое распространение, почему ни один радиотехник не может обойтись без помощи схем? Главная причина этого как раз и кроется в обобщенности схем. Подобная обобщенность представляет неоценимые преимущества при изучении процессов, протекающих в радиотехнических приборах. Возможность отвлечься от конструкции позволяет при обдумывании работы радиоустройства целиком сосредоточиться на происходящих в нем электрических процессах. Очень часто можно наблюдать, как опытный радиотехник, ремонтируя или налаживая сложный прибор, временами отвлекается от реального сооружения и погружается в размышления над схемой; только сообразив по ней, как развиваются электрические процессы, как протекают токи, он возвращается к реальному прибору.

Облегчению чтения схем посвящено все, в том числе и строгое однообразие символов. Человек, читающий текст в книге, не обращает внимания на рисунок шрифта только потому, что этот шрифт однообразен. Слово, составленное из букв разных размеров или рисунка, ПрОчИтЫвАеТся уже гораздо медленнее и с большим трудом. Зато однообразный шрифт дает возможность сосредоточить свое внимание целиком на идеях, обозначаемых словами.

Условные обозначения с небольшими изменениями одинаковы у радиотехников всех стран мира. Язык радиосхем стал международным подобно приемам записи алгебраических или химических формул. Многие радиолюбители, совсем не знающие иностранных языков, прекрасно понимают устройство и принцип работы различных радиоустройств, рассматривая схемы в зарубежных журналах.

Во всех европейских языках текст читают слева направо, арабский текст пишут справа налево, по-китайски пишут сверху вниз. Радиосхемы были разработаны в Европе, поэтому вполне естественно, что принципиальные схемы строятся и читаются в основном слева направо. Всякое нарушение этого порядка неизбежно затрудняет чтение схемы.

Для того чтобы научиться читать печатный текст, требуется некоторое время. Подобно этому и умение размышлять о работе радиосхем, продумывать пути следования сигналов, понимать распределение сигналов во времени, т. е. умение «читать радиосхемы», приобретается постепенно, в процессе разбора большого количества радиосхем.

ТИПЫ РАДИОСХЕМ

Принципиальные электрические схемы представляют собой далеко не единственный тип чертежей, используемых для пояснения устройства и работы радиотехнических устройств, для размышлений об их действии. ГОСТ 2.701-68 устанавливает возможность применения в числе других также и функциональных схем и схем соединений (монтажных).

Функциональные схемы, которые прежде называли блок-схемами, предназначены для обдумывания или разъяснения процессов, протекающих в изделии, а также для изображения взаимосвязей и прохождения основных сигналов между отдельными функциональными частями. Название таких схем происходит от слова «функционировать», которое понимается в смысле «действовать самостоятельно». Например, в ламповом приемнике для питания от сети имеется выпрямитель (блок питания). Его можно разрабатывать, налаживать и проверять независимо от других частей схемы приемника. При описании действия приемника или в процессе его разработки эту часть схемы, этот функциональный узел или этот блок можно рассматривать и изображать на схеме как нечто самостоятельное. Таким образом, на определенном этапе можно пока не обременять себя необходимостью путаться в отдельных деталях этого узла, а удерживать в голове только самое главное — то, для чего он предназначен, какова его функция.

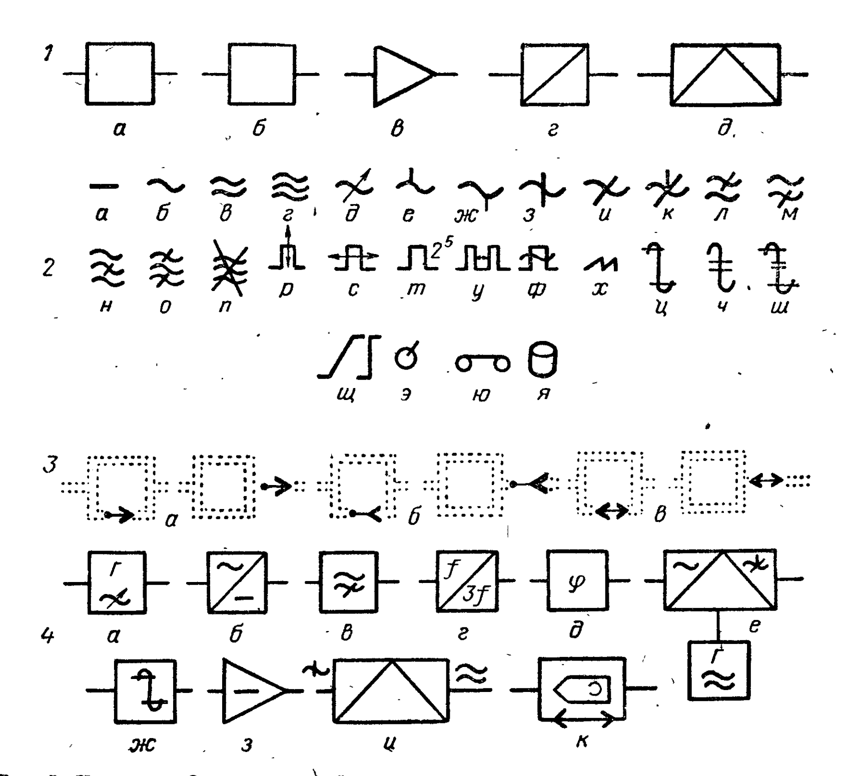


Рис. 5. Условные обозначения на функциональных схемах.

1 — общие обозначения функциональных узлов: *а* и *б* — устройство или функциональная группа; *в* — усилитель; *г* — преобразователь; *д* — модулятор, демодулятор и дискриминатор; *2* — знаки для конкретизации общих обозначений: *а* — постоянный ток; *б* — переменный ток; общий символ и символ низкой частоты; *в* — звуковая частота; *г* — высокая частота; *д* — переменная частота; *е* — несущая частота с одной (верхней) боковой частотой; *ж* — несущая с нижней боковой частотой; *з* — несущая с обеими боковыми частотами; *и* — подавляемая частота; *к* — боковая частота с подавленной несущей; *л* — подавление верхней частоты и пропускание нижней; *м* — подавление нижней частоты и пропускание верхней; *н* — подавление только средней частоты; *о* — пропускание только средней частоты; *п* — подавление высоких частот; *р* — амплитудная импульсная модуляция; *с* — фазо-импульсная модуляция; *т* — кодо-импульсная модуляция (например, пятизначным двоичным кодом); *у* — интервал между импульсами; *ф* — частотно-импульсная модуляция; *х* — пилообразное напряжение; *ц* — ограничение по максимуму двустороннее; *ч* — ограничение по минимуму; *ш* — ограничение по максимуму и минимуму; *щ* — выравнивание (для затухания добавляется надпись *db*, для частоты — *f*, для фазы — φ); *э* — устройство с грампластинкой; *ю* — устройство с лентой (магнитной, перфорированной, кинолентой); *я* — устройство с барабаном; *3* — знаки, указывающие на характер работы: *а* — на передачу; *б* — на прием; *в* — на передачу и прием; *4* — примеры условных обозначений: *а* — генератор переменной частоты; *б* — преобразователь переменного тока в постоянный (выпрямитель); *в* — фильтр верхних частот; *г* — утроитель частоты; *д* — фазовращатель; *е* — модулятор, питаемый от гетеродина звуковой частоты и дающий на выходе боковую полосу с подавленной несущей частотой; *ж* — ограничитель по максимуму; *з* — усилитель постоянного тока; *и* — демодулятор с двумя боковыми полосами частот и несущей частотой (т. е. амплитудно-модулированным сигналом) на входе и звуковой частотой на выходе, например второй детектор супергетеродинного приемника; *к* — устройство с магнитной головкой, работающее на запись и воспроизведение, например магнитофон.

Функциональные схемы составляют из условных обозначений функциональных узлов, хотя допускается использование также и отдельных символов принципиальных схем.

Символическое изображение функционального узла представляет собой обобщение, гораздо более широкое, чем любой из символов принципиальных схем. Функциональным узлом может считаться как небольшая часть устройства, содержащая всего несколько мелких деталей, так и громоздкий узел, объединяющий большое число деталей. На функциональных схемах отдельные узлы обозначают квадратиками или прямоугольниками, реже — треугольниками или кружками. Электрические соединения между функциональными узлами показывают чрезвычайно упрощенно, одной или двумя линиями, опуская все второстепенные связи, а направления прохождения сигнала (если нужно) — стрелками на этих линиях.

Графические условные обозначения функциональных узлов устройств связи сведены в ГОСТ 2.737-68 (рис. 5). Так как исходное условное обозначение функционального узла маловыразительно, то для раскрытия его назначения, для облегчения распознавания узлов приходится принимать дополнительные меры. В одних случаях внутри символа или рядом с ним помещают полную или сокращенную надпись (например, *Генератор* или *Г*). В других случаях символы нумеруют, а пояснительные надписи, раскрывающие смысл этих номеров, помещают на полях чертежа или в пояснительном тексте. Применяется и довольно обширная система пояснительных значков. В одних случаях значок представляет собой упрощенное изображение какого-либо общеизвестного символа, поясняющего принцип действия узла.

Для функциональных узлов, в которых осуществляется преобразование сигнала, ГОСТ вводит новое условное обозначение: квадрат, разделенный диагональю на две части. В левой части ставят значок того сигнала, который подвергается преобразованию, в правой — преобразованного. Разрешено на одной стороне квадрата ставить стрелку, указывающую, в какую сторону идет преобразование.

Для облегчения понимания работы функциональных схем в них вводят упрощенные графики сигналов на разных стадиях преобразования.

Схемы соединений (монтажные) в отличие от принципиальных и функциональных предназначены для упрощенного пояснения конструктивных особенностей радиотехнических приборов. В зависимости от необходимости, от уровня подготовки тех, для кого предназначены монтажные схемы, последние могут в большей или меньшей степени приближаться к рисунку внешнего вида соединений и деталей. На монтажных схемах показывают размещение деталей на шасси, расположение и нумерацию их выводов и также прокладку соединительных проводов.

Монтажная схема позволяет понять, например, как следует установить на шасси ламповую панельку, чтобы обеспечить наиболее рациональную прокладку соединительных проводников, как и где разместить навесные детали монтажа (конденсаторы и резисторы, которые подвешивают на их собственных выводах).

Многие радиолюбители, особенно те, которые уже собрали два-три приемника, но еще не приобрели достаточного опыта сознательного конструирования радиоаппаратуры, часто недооценивают важность монтажных схем, необходимость придерживаться их при изготовлении радиоаппаратуры. Они не особенно задумываются над паразитными связями, возникающими между деталями, проводами, элементами конструкции.

Произвольное, несознательное изменение уже отработанной конструкции может при неудачном стечении обстоятельств привести к самовозбуждению прибора или к снижению его технических показателей.

ФИЗИОЛОГИЯ И ПСИХОЛОГИЯ ЧТЕНИЯ РАДИОСХЕМ

Если внимательно проследить, как грамотный человек читает печатный текст, то можно обнаружить, что слоги, а то и отдельные слова узнаются и прочитываются сразу, так сказать, одним махом, каждое слово целиком. При

этом небольшие ошибки, опечатки, перестановки букв в отдельных словах такой человек не всегда и заметит. Совсем иначе читают люди, плохо владеющие грамотой или данным языком. Они читают слова по буквам или по слогам. Нечто похожее имеет место и при чтении радиосхем. При некотором умении принципиальные схемы читают тоже не отдельными условными обозначениями, а целыми узлами.

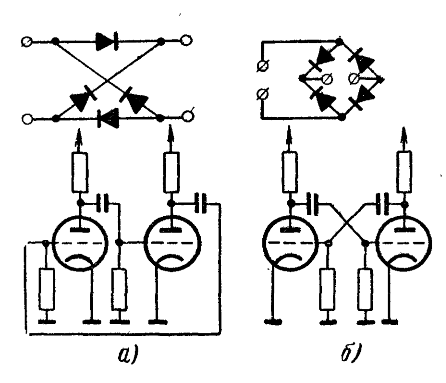


Рис. 6. Принципиальные схемы (*а* и *б*) изображают одни и те же устройства, но различаются начертанием. Компоновка схемы *а* встречается редко и поэтому опознается с трудом; компоновка *б* привычна и вид схемы определяется с первого взгляда.

Но для того, чтобы «узнавание» узла происходило без труда, сразу, нужно привыкнуть к общепринятому взаимному расположению частей характерных узлов радиосхем. Кроме того, конечно, необходимо, чтобы и сама схема была вычерчена с соблюдением общепринятых способов взаимного расположения обозначений на схемах. Рисунок 6 показывает, что если переставить обозначения деталей, сохраняя все соединения, то схема в общем представляется совсем незнакомой. Даже опытные радиотехники, рассматривая принципиальные схемы, вычерченные неудачно, запутанно или необычно, вынуждены бывают сначала приводить отдельные узлы к общепринятому, привычному виду, а затем уже соображать, как протекает работа схемы. Чем выше радиотехническая квалификация, тем легче выполнять это не на бумаге, а в уме. Поэтому начинающим радиолюбителям очень полезно бывает побольше практиковаться в разборе схем, просматривать не только те схемы, по которым они предполагают что-либо строить, но и много других.

При чтении схем обычно исходят из того, что каждое существенное преобразование сигнала в большинстве случаев осуществляется в электронной лампе или полупроводниковом приборе. Входным зажимом лампы, как правило, является первая сетка (у полупроводникового прибора — база), выходным — анод (у транзистора — коллектор). Поэтому, как показывают исследования физиологов, практически схему читают не непрерывно, а своеобразными бросками: от символа входного зажима схемы или анода предыдущей лампы до сетки следующей лампы или выходного зажима схемы. В промежутках между этими бросками рассматривают и анализируют все близлежащие участки схемы. Таким образом, перемещение взгляда по схеме идет неравномерно, с некоторым «топтанием» вокруг символов отдельных ламп. Иными словами, схему читают, тратя основное время на разбор отдельных каскадов.

Для того чтобы облегчить узнавание отдельных узлов принципиальной схемы, применяют ряд привившихся уже приемов:

1. Электрическую симметрию, имеющую место в таких устройствах, как балансные или двухтактные схемы, отображают графической симметрией расположения условных изображений относительно вертикальной или горизонтальной оси.

2. Элементы мостовых схем располагают по сторонам ромба, так что точки входа и выхода оказываются на вертикальной и горизонтальной осях. Наклонные линии ромба хорошо выделяются на фоне горизонтальных и вертикальных линий принципиальной схемы. Между прочим, построение линий схемы в основном только вертикально и горизонтально производится не случайно. Именно такое расположение линий легче всего воспринимается глазом человека, а это существенно облегчает чтение схем.

3. Однообразное расположение символов в ряд или по одной вертикали применяют иногда для того, чтобы подчеркнуть, что эти детали имеют одина-

ковое назначение или работают одинаково. В схемах приемников, например, в один ряд или по вертикали располагают колебательные контуры одного каскада, переключаемые при смене диапазонов волн. Достаточно разобрать действие схемы с участием одного из контуров, как становится понятным назначение и всех остальных. Если схема содержит ряд последовательно включенных однотипных каскадов усиления, то эта однотипность подчеркивается одинаковой компоновкой символов во всех каскадах. Разобрав работу первого каскада, можно читать остальные, не задерживая на них особого внимания.

4. Отдельные узлы принципиальной схемы легче узнавать, если они на чертеже несколько отделены один от другого, если соединительные линии и другие одиночные символы не маскируют это разделение. Соединительные линии, особенно линии подводки питания и соединения на землю, иногда затрудняют такое разделение; такие линии, как правило, имеют большую протяженность. Поэтому на многих схемах такие линии не ведут целиком, а обрывают. Для того чтобы было понятно, куда направляется оборванный конец, на нем ставят стрелочку и надпись. Стрелочку без надписи ставят обычно на оборванных цепях питания накала ламп; на цепях питания анода помещают надписи «+» или «+240» (если такова величина анодного напряжения). В схемах с транзисторами часто заземляют положительный вывод источника питания; тогда не ведут цепи питания коллекторов, проставляя у оборванных концов знак «—» или «—9 *в*». На оборванных цепях автоматической регулировки усиления пишут *АРУ* и т. д. Линии, идущие к шасси или к заземляющей шине, не ведут по схеме, а делают короткими и снабжают символом соединения на шасси или землю.

ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ НА ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Выше указывалось, что принципиальная схема по самой своей идее не должна отражать механической конструкции радиотехнического устройства. Однако в ряде случаев в принципиальную схему вводят элементы конструктивного выполнения потому, что эта схема порой является единственным документом, на основании которого осуществляется изготовление и ремонт радиотехнических устройств. Конструктивные вопросы на принципиальной схеме всегда стараются отражать такими приемами, чтобы не нарушать ее удобочитаемость.

Одним из наиболее распространенных приемов конкретизации конструкции является простановка на принципиальных схемах электрических параметров большинства деталей. Возле символов резисторов, например, помещают надписи, указывающие не только порядковый номер резистора (к примеру R_{12}), но и величину. При этом целое число без буквы означает сопротивление в омах, число с буквой *к* — сопротивление в килоомах, а число, записанное в форме десятичной дроби без буквы, — сопротивление в мегомах. Таким образом, цифра 2, проставленная у символа резистора, означает 2 *ом*, надпись 2 *к* — 2 *ком*, а пометка 2,0—2 *Мом*. На самом символе резистора проставляют черточки, характер расположения и число которых по коду, представленному на рис. 7, указывают допустимую мощность рассеяния на резисторе, а следовательно, и косвенно на тип последнего.

У символов конденсаторов, помимо надписей, указывающих порядковый номер (например, C_{15}), помещают пометки полярности, если это электролитический конденсатор, а также цифры, обозначающие емкость и номинальное напряжение. Аналогично тому как это делается для резисторов, значение емкости указывает в виде целого числа без буквы, если ее выражают в пикофарадах, и в форме десятичной дроби без буквы, если ее выражают в микрофарадах. Так, надпись *50* означает 50 *пф*, а *50,0* — 50 *мкф*. Величина

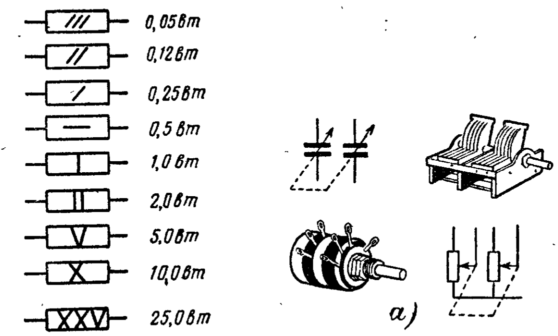


Рис. 7. Код обозначения мощности рассеяния резисторов.

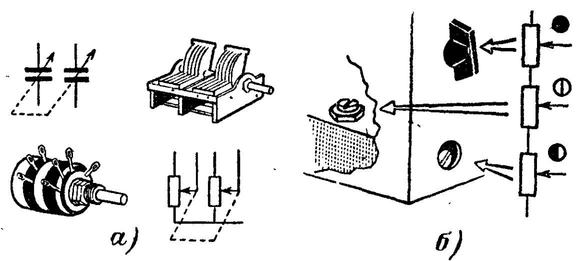


Рис. 8. Конструктивные элементы на принципиальных схемах.

а — пунктирная линия обозначает объединение органов настройки; *б* — значки указывают, куда выведены органы управления.

рабочего напряжения проставляется в виде числа с буквой *в* (например, 300 *в*).

На выводах символов электронных приборов часто проставляют цифры, указывающие порядковый номер штырьков цоколей, на которые выведены соответствующие электроды.

Нумерация ножек по общепринятому порядку идет по часовой стрелке, начиная от ключа цоколя, если смотреть на цоколь лампы снизу. В лампах пальчиковой серии счет ведут от увеличенного промежутка между ножками, а в бесцокольных лампах — от цветной метки.

Возможность изменения электрических параметров у деталей, как явствует из сводки условных обозначений, выражают стрелкой, наискось пересекающей изображение символа. Чтобы показать механическую связь между органами регулировки таких деталей, эти стрелки на схеме соединяют между собой штриховой ломаной линией (рис. 8, *а*).

Рукоятки различных органов настройки могут быть выведены на лицевую панель радиотехнического прибора, на заднюю или боковую панель или размещены внутри прибора для регулировки только в процессе налаживания. В последнем случае на оси деталей обычно даже не надевают ручек, а делают прорези для отвертки (делают ось под шлиц) или грани под ключ. Для тех, кто ведет настройку или регулировку радиоприбора, важно знать, куда выведена ручка той или иной детали. Поэтому на принципиальных схемах иногда у символов деталей, подвергающихся регулировке, ставят значки, указывающие, куда выведена ручка. Как видно из рис. 8, *б*, зачерненный кружок означает, что ручка выведена наружу, зачерненный наполовину, что она сделана под шлиц и выведена наружу, кружок, перечеркнутый линией, что она не выведена наружу.

В значительном числе случаев в многообмоточных трансформаторах далеко не все равно, какой из концов обмотки включен в ту или иную цепь. Для того чтобы не происходило путаницы, начала всех обмоток на схеме помечают на символе трансформатора точками.

У символов таких стандартных деталей, как лампы, транзисторы, вентили и др., проставляют их наименования, которые целиком определяют конструкцию этих деталей.

Элементы конструкции приходится отображать на принципиальной схеме и в тех случаях, когда в состав устройства входит такая деталь, условное изображение которой еще не разработано или не получило широкого распространения. В таких случаях эту деталь изображают упрощенным рисунком или чертежом, вводя в состав обычной принципиальной схемы.

ЛИТЕРАТУРА

Борноволоков Э. Как читать схемы. «Радио», 1966, № 1, 2.

В статье рассказано, как с помощью условных обозначений изображают в виде схем устройство различной радиоаппаратуры, что такое блок-схема, принципиальная и монтажные схемы. Говорится также о том, что означают цифры и значки, стоящие рядом с обозначениями деталей, как на схемах проставляют сопротивления резисторов и емкости конденсаторов.

На цветных вкладках показаны реальные детали и соответствующие им условные обозначения.

Школа юного радиолюбителя, вып. 1. Изд-во ДОСААФ, 1967, 48 стр.

Выпущенная в помощь радиокружкам эта библиотека журнала «Радио» состояла из шести выпусков, и ее содержание было подобрано таким образом, чтобы сообщить юным радиолюбителям самые необходимые первоначальные знания по радиотехнике и привить им практические навыки по сборке и налаживанию радиоаппаратуры. В первом выпуске рассказывается о том, как читать радиосхемы, как разбираться в условных обозначениях на схемах, и приводится подробное описание схемы и конструкции простого приемника на трех транзисторах.

Боровик С. С., Бродский М. А. Промышленные радиоприемники и их ремонт. Изд-во «Высшая школа», Минск, 1969.

В приложениях даны условные графические обозначения на радиосхемах.

Труш В., Гороховский А. Азбука ремонта радиоприемников. Изд-во «Связь», 1969, 192 стр.

Книга является как бы продолжением «Азбуки радиолюбителя» Г. Климчевского.

В книге приводится методика обнаружения лишь сравнительно несложных типовых неисправностей и наряду с этим приводится ряд других практических сведений, в том числе условные обозначения радиодеталей, цоколевка радиоламп и расположение выводов полупроводниковых диодов и транзисторов.



РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН [1]

Антенна радиовещательной станции создает радиоволны. Распространяясь вдоль поверхности Земли, они возбуждают токи высокой частоты во всех встречающихся им телах, способных проводить электрический ток. Почва поглощает значительную часть энергии радиоволн. Поэтому дальность распространения длинных и средних волн (о коротких волнах расскажем дальше) [2] зависит не только от мощности радиостанции, но и от состояния почвы. Зимой, когда земля промерзла и покрыта снегом, длинноволновые и средневолновые радиостанции слышны дальше, чем летом.

Здесь уместно поставить вопрос: если радиоволны распространяются подобно видимому свету, то каким образом возможна радиосвязь на большие расстояния и как

---

[1] По разным источникам. Использован материал из книги М. Е. Жаботинского и И. Л. Радунской «Радио наших дней». Изд-во АН СССР.

[2] Длинными волнами (сокращенно пишут ДВ) называют волны длиннее 1 000 *м*, средними (СВ) — волны длиной от 1 000 до 100 *м*, короткими (КВ) — от 100 до 10 *м* и ультракороткими (УКВ) — волны короче 10 *м*. (*Прим. ред.*)

радиоволны огибают поверхность Земли? Это влияние связано с деятельностью Солнца.

Кроме видимого света, Солнце испускает невидимые лучи, которые имеют ту же природу, что и радиоволны, и видимый свет. Это электромагнитные волны. Однако длина их меньше длины волны самого коротковолнового видимого света. Эти лучи называются ультрафиолетовыми. Они способны разрушать атомы газов, из которых состоит воздух.

Под влиянием ультрафиолетовых лучей из атомов может вырваться электрон, и положительный заряд ядра уже не будет уравновешен электронами. Атом станет положительно заряженным, т. е. превратится в ион.

Одновременно Солнце испускает поток летящих с колоссальной скоростью мельчайших частиц — электронов, протонов (ядер атомов водорода) и др. Сталкиваясь с атомами газов, находящихся в верхних частях атмосферы, эти частицы также превращают часть из них в ионы [1]. В результате верхняя часть земной атмосферы оказывается насыщенной положительными ионами и свободными электронами. Ее называют ионосфера.

Сталкиваясь при своем беспорядочном движении, часть ионов и электронов вновь объединяется в нейтральные атомы. Чем больше разрушенных атомов, тем чаще происходят столкновения между образовавшимися ионами и электронами. Поэтому в конце концов между процессами разрушения и воссоединения атомов устанавливается равновесие.

Ночью атмосфера не подвергается действию солнечного излучения, и количество ионов и свободных электронов уменьшается. Это уменьшение тем больше, чем плотнее атмосфера, так как в плотной атмосфере встречи ионов и электронов происходят чаще, чем в разреженной атмосфере. Поэтому нижний ионизированный слой (на высоте около 80 *км*) ночью исчезает совершенно, в то время как верхние слои ионосферы существуют и днем и ночью, хотя, конечно, количество ионов и свободных электронов в этих слоях ночью меньше, чем днем.

Изменения, происходящие в ионосфере, изменяют условия радиоприема. Дело в том, что слои атмосферы, насыщенные ионами и свободными электронами, способны проводить электрический ток, а проводники способны отражать электромагнитные волны. Поэтому радиоволны отражаются от ионосферы, подобно тому как видимый свет отражается от зеркала. Благодаря этому сила радиоприема на больших расстояниях оказывается намного большей, чем при отсутствии ионосферы. Вместе с тем свободные электроны ионосферы под действием радиоволн приходят в движение и при этом поглощают часть энергии радиоволн. Сталкиваясь при своем движении с атомами газа, электроны передают им эту энергию. Таким образом, часть энергии радиоволн безвозвратно теряется в ионосфере.

Наибольшее поглощение длинных и средних радиоволн происходит в нижней части ионосферы, на высотах, меньших 100 *км*. После захода Солнца, когда нижние слои ионосферы исчезают, поглощение радиоволн резко уменьшается, а вместе с этим увеличивается дальность и громкость радиопередач на длинных и средних волнах.

Первые радиовещательные станции работали на волнах длиной 1—3 *км*. По мере увеличения количества радиостанций начали применять и более короткие волны.

Оказалось, что слышимость на средних волнах меняется в течение суток особенно сильно. В дневное время радиостанции, работающие на этих волнах, слышны только на сравнительно малых расстояниях.

Волны короче 200 *м* сильно поглощаются в земле и поэтому в первые годы развития радио их считали вовсе непригодными для дальних радиопередач. Именно эти «бросовые» волны и были выделены для радиолюбительской связи.

---

[1] Солнце испускает также инфракрасные (тепловые) лучи, длина которых больше длины волны видимого света, и еще более длинные электромагнитные волны, которые при известных условиях воспринимаются радиоприемниками, создавая помехи радиоприему. Однако эта часть излучения Солнца неспособна ионизировать атомы воздуха и не влияет на распространение радиоволн земных радиостанций.

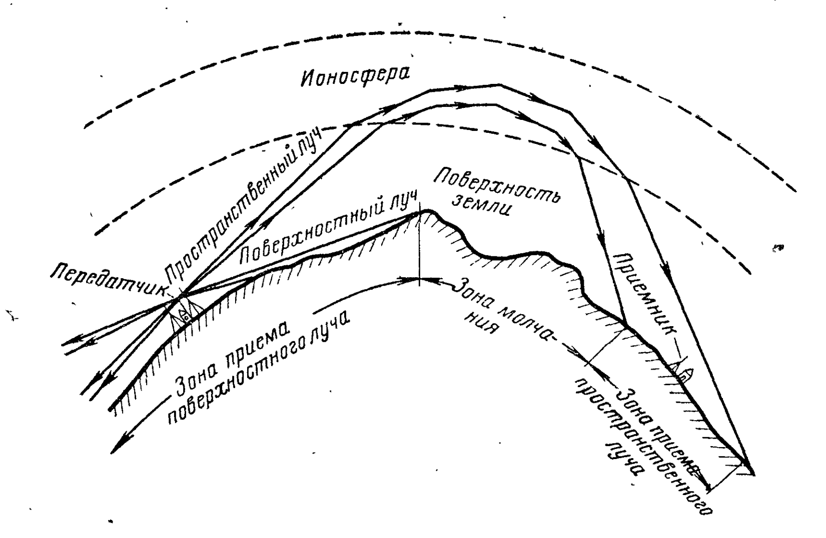


Рис. 1. Пути радиоволн.

Каково же было удивление радиоинженеров и физиков, когда начали поступать сообщения о том, что радиолюбители при помощи маломощных самодельных передатчиков, работающих на «бросовых» волнах, добились радиосвязи на тысячи километров.

Оказалось, что короткие волны слабо поглощаются в ионосфере, могут многократно отражаться от ионосферы и их можно принимать на больших расстояниях. Однако сила приема сильно зависит от состояния ионосферы и, следовательно, существенно изменяется в течение суток.

Длинные волны распространяются преимущественно непосредственно над земной поверхностью в виде поверхностной волны, а короткие волны — главным образом в верхних слоях атмосферы в виде пространственной волны (рис. 1).

Часть энергии волн, излучаемых коротковолновой передающей антенной, распространяется вдоль земной поверхности. Но поверхностная волна коротковолнового диапазона быстро ослабевает из-за поглощения землей и уже на расстоянии в несколько десятков километров практически полностью затухает. Пространственная же волна, отразившись от ионосферы, возвращается на землю на расстоянии порядка сотен — тысяч километров.

Область, до которой поверхностная волна уже не доходит, а пространственная волна еще не проникла, называется зоной молчания или мертвой зоной. Размеры этих зон ночью больше, чем днем, и зимой больше, чем летом. Это создает большое непостоянство в слышимости коротковолновых радиостанций. Например, хорошо слышимая днем радиостанция может быть совсем не слышна ночью, так как ночью мертвая зона станет больше и может захватить приемную станцию. Это явление особенно заметно на волнах 10—30 *м*, для которых зоны молчания вообще больше.

На коротких волнах часто наблюдаются более или менее резкие колебания и даже полное пропадание слышимости, называемое замиранием. Иногда оно проявляется так сильно, что прием становится невозможным. (На волнах до 600—300 *м* замирание также бывает, но гораздо реже и в меньшей степени.) Неустойчивость слышимости и зависимость распространения от времени года и времени суток являются главными недостатками коротких волн.

Тем не менее короткие волны используются очень широко. Ценным их свойством является то, что во всем диапазоне до 10 *м* можно разместить без взаимных помех около 2 000 радиовещательных станций, а число радиотелег-

рафных станций, которые могут без взаимных помех работать в этом диапазоне, еще больше.

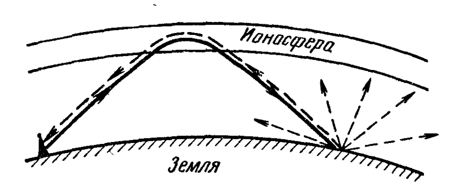


Рис. 2. Эффект Кабанова.

На коротких волнах иногда наблюдается явление радиоэха, когда сигналы от передатчика приходят к приемнику двумя путями: по кратчайшему расстоянию (например, 2 000 *км*) и по второму пути вокруг земного шара (в нашем примере 38 000 *км*). Сигнал по второму пути приходит с некоторым опозданием (в данном случае примерно $^1/_7$ *сек*). Прохождение коротких волн вокруг земного шара объясняется их многократным отражением от ионосферы и поверхности земли. Таким путем волна может даже 2 раза и больше обойти вокруг Земли.

Советский ученый Н. И. Кабанов обнаружил, что радиоволны, попавшие после преломления в ионосфере на земную поверхность и испытавшие рассеянное отражение от нее, распространяются частично в обратном направлении и после вторичного преломления в ионосфере могут попасть в то место, откуда они были посланы (рис. 2). Это явление, получившее название «эффекта Кабанова», может быть использовано для радиолокации весьма удаленных частей земной поверхности. Конечно, энергия таких волн, пришедших обратно к источнику излучения, ничтожно мала, и их обнаружение возможно только благодаря высокой чувствительности современных приемников.

О распространении ультракоротких волн — см. стр. 393.

ПРОСТЕЙШИЕ ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ [1]

Приемная антенна служит для приема электромагнитных волн, излучаемых передающей радиостанцией, и для подачи принятого сигнала на вход приемника.

Массовыми типами приемных антенн являются: Г-образная (рис. 1, *а*) и Т-образная (рис. 1, *б*) однолучевые антенны, простой вертикальный или наклонный провод (рис. 1, *в*), иногда с «метелочкой» на вершине (рис. 1, *г*) и всевозможные комнатные антенны.

Длина горизонтальной части Г-образной или Т-образной антенны не должна превышать 20 *м*. Обычно она составляет 8—12 *м*.

Высота подвеса антенны над крышами зданий и другими сооружениями желательна не менее 4 *м*, а при установке мачт на земле — не менее 10—12 *м*. Дальнейшее увеличение высоты подвеса антенны приведет к заметному возрастанию атмосферных помех.

Антенна, как и любой провод, обладает активным сопротивлением, емкостью и индуктивностью. Следовательно, антенна представляет собой колебательную цепь. В силу того, что емкость и индуктивность равномерно распределены по всей длине провода, этот колебательный контур имеет физические особенности, заключающиеся в том, что при возникновении в антенне колебаний ток и напряжение распределяются в проводе неравномерно, т. е. в каждой точке провода значения их различны.

Например, в вертикальной антенне с заземлением наибольший ток будет в точке подключения антенны к приемнику, в вышележащих точках провода ток будет постепенно уменьшаться и у самой вершины он равен нулю (рис. 2). Напряжение в такой антенне распределяется в обратном порядке. Наибольшая величина его относительно земли оказывается у верхнего конца провода, а наименьшая — в точке подключения его к приемнику.

Точки провода, в которых наблюдаются максимальные значения тока или напряжения, называются соответственно *пучностями тока* и *пучностями*

[1] Голдованский П. «Радио», 1949, № 8.

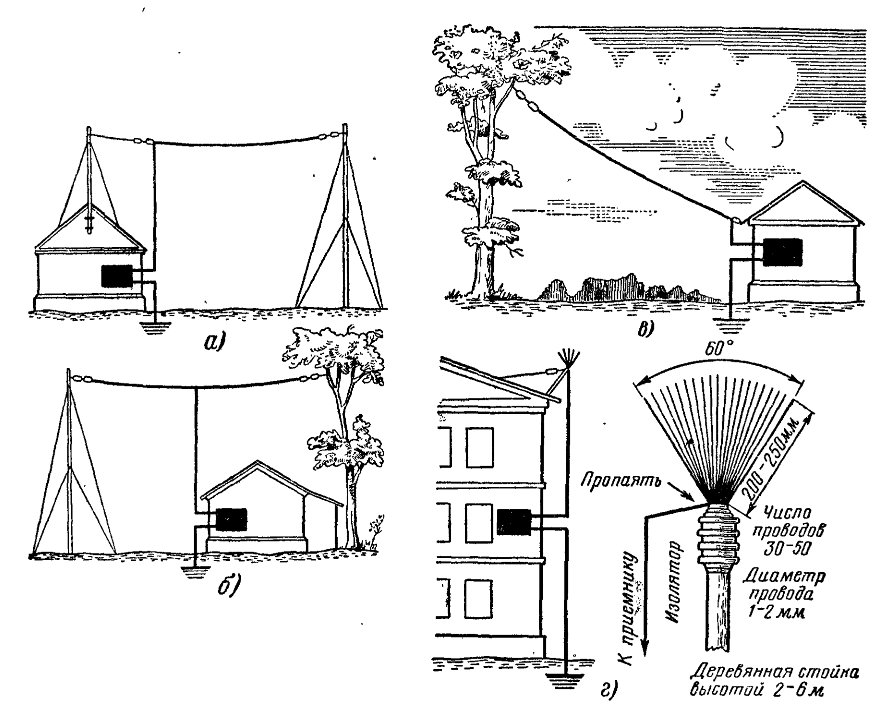


Рис. 1. Различные типы приемных антенн.

напряжения, а те точки, где ток и напряжение равны нулю, называются *узлами тока* и *узлами напряжения*.

Собственная емкость C_A и собственная индуктивность L_A антенны зависят от ее геометрических размеров и формы. Так, например, каждый метр однопроводной антенны, удаленной от других проводников, обладает собственной емкостью около 5 *пф* и собственнной индуктивностью около 1—2 *мкгн*. Простейшие любительские приемные антенны имеют обычно емкость около 200—250 *пф*, индуктивность около 20 *мкгн* и активное сопротивление около 25 *ом*.

Кроме того, антенна характеризуется еще одним параметром, который называется *действующей высотой*.

Действующей высотой антенны называют высоту условной вертикальной антенны, которая получает (если рассматривать антенну как передающую) такую же мощность, как и данная реальная антенна, но имеет ток по всей длине одинаковый и равный значению тока в пучности реальной антенны. Высота такой воображаемой антенны (рис. 3) всегда будет меньше геометрической высоты реальной антенны.

Действующая высота антенны — величина условная, принятая для облегчения расчетов антенн.

Действующая высота различных приемных антенн зависит от формы антенны. Для Г- и Т-образных антенн она составляет около 0,7—0,8 их геометрической высоты.

Ознакомившись в общих чертах с физическими процессами в антеннах, рассмотрим теперь антенную цепь приемника. Типичная антенная цепь (рис. 4) состоит из самой антенны, обладающей собственной емкостью C_A, индуктивностью L_A, активным сопротивлением R_A, и катушки индуктивно-

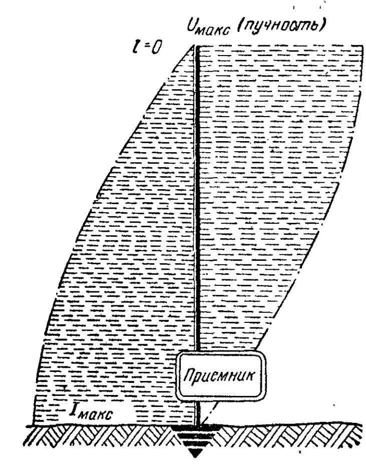


Рис. 2. Распределение тока и напряжения в вертикальной антенне.

сти L, которая связывает антенну с входным контуром приемника. Кроме того, в антенную цепь входит заземление.

Электромагнитные волны, излучаемые передающей радиостанцией, при пересечении провода приемной антенны возбуждают в нем переменную э. д. с. Частота и характер изменений этой э. д. с. в точности соответствуют частоте и характеру всех изменений электромагнитного поля.

Величина э. д. с., возникающей в антенне, очень мала, зачастую измеряется микровольтами. Значение ее зависит от мощности и удаленности передающей радиостанции, от условий и особенностей распространения радиоволн и от действующей высоты приемной антенны.

В современных радиовещательных приемниках антенную цепь не настраивают. Дело в том, что транзисторные и ламповые приемники имеют по два-три контура, настраиваемых одной ручкой. Этой же общей ручкой должна была бы настраиваться и антенная цепь. Но осуществить это очень трудно, ибо емкость разных антенн различна и вообще непостоянна: она может изменяться при качании антенны, при изменении влажности воздуха и от других причин. Поэтому учесть емкость антенны нельзя и обеспечить неизменную настройку антенной цепи для любого участка диапазона практически невозможно.

Чтобы чувствительность приемника не изменялась так резко по диапазону, частоту резонанса антенной цепи выводят за пределы рабочего диапазона. Для этого включают в антенную цепь катушку L с такой индуктивностью, что резонансная частота антенного контура оказывается примерно на 30% ниже, чем самая низкая частота данного диапазона.

Настраивать антенную цепь на частоту, превышающую самую высокую принимаемую частоту, невыгодно, так как при этом чувствительность будет сильно меняться по диапазону.

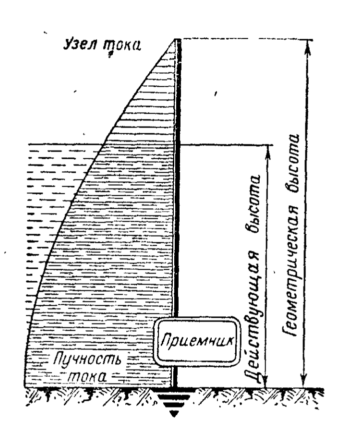


Рис. 3. Геометрическая и действующая высоты антенн.

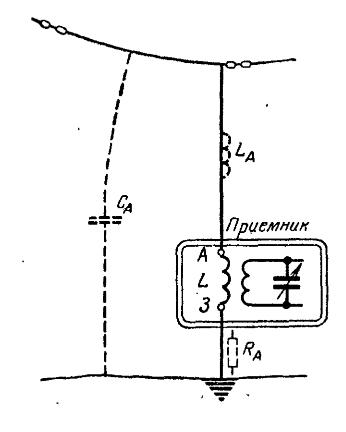


Рис. 4. Антенная цепь приемника.

МОЛНИЕЗАЩИТА АНТЕНН [1]

Во время гроз наблюдаются случаи прямого удара молнии в антенну. При несоблюдении мер защиты такие случаи опасны для жизни людей, находящихся вблизи антенны. Опасны также статические заряды, которые могут накапливаться на изолированной, находящейся на открытом воздухе антенне во время грозы, при сильном сухом ветре и снегопаде. В грозу нельзя прикасаться не только к антенне, но и к электрически соединенным с нею металлическим предметам. Чтобы избежать опасных разрядов, антенны должны иметь молниезащиту.

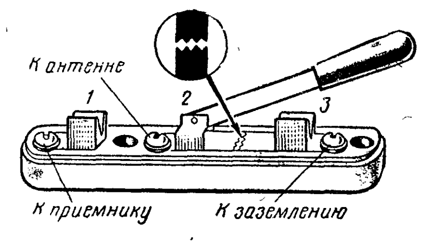


Рис. 1.

Всегда ли нужна молниезащита? Она нужна главным образом в сельской местности, особенно если антенна подвешена высоко. Нет необходимости в грозозащите невысоких антенн (2—3 *м*) и антенн, находящихся в условиях города, при наличии вблизи различных инженерных сооружений, оборудованных грозозащитой.

Как устраивается молниезащита? Промышленность выпускает специальный грозовой переключатель, конструкция которого приведена на рис. 1. Этот переключатель устанавливается на оконной раме или на стене вблизи ввода антенны; при этом провода от антенны и заземления подводятся кратчайшим путем (рис. 2). Антенное гнездо приемника соединяется с медной пружинящей скобой *1* (рис. 1). Ввод от антенны подключается к зажиму *2* у основания ножа рубильника. Провод от заземления и провод, ведущий к гнезду заземления приемника, присоединяют к скобе *3*. При использовании в качестве снижения симметричного кабеля следует установить два грозовых переключателя, по одному на каждый провод кабеля.

Во время перерыва в работе приемника, а также при приближении грозы антенну необходимо заземлять: грозовой переключатель перевести в положение, соответствующее заземлению антенны, а антенный штекер вынуть из гнезда антенны телевизора.

Устройство молниезащиты антенн для телевидения и УКВ проще, особенно если они установлены на металлических мачтах. В этом случае среднюю точку вибратора и экраны кабелей спаивают, как это показано на рис. 3, и соединяют с металлической мачтой, которую необходимо надежно заземлить. Если используется деревянная мачта, заземление осуществляется с помощью провода, проложенного вдоль мачты. В месте ввода в здание оболочку кабеля следует дополнительно заземлить с помощью медного провода.

Соединение заземляющего провода, в качестве которого рекомендуется использовать медный или стальной провод диаметром 3—6 *мм*, с трубами лучше всего производить, как это показано на рис. 4. Для надежности контакта под скобу кладется свинцовая прокладка.

В тех случаях, когда присоединить заземление к водопроводным или отопительным трубам невозможно, применяется специальный заземлитель. Для этой цели

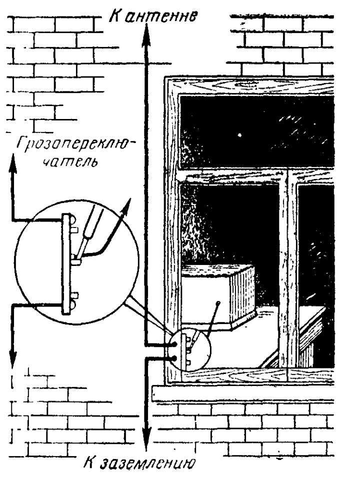


Рис. 2.

[1] Терентьев В. «Радио», 1960, № 2

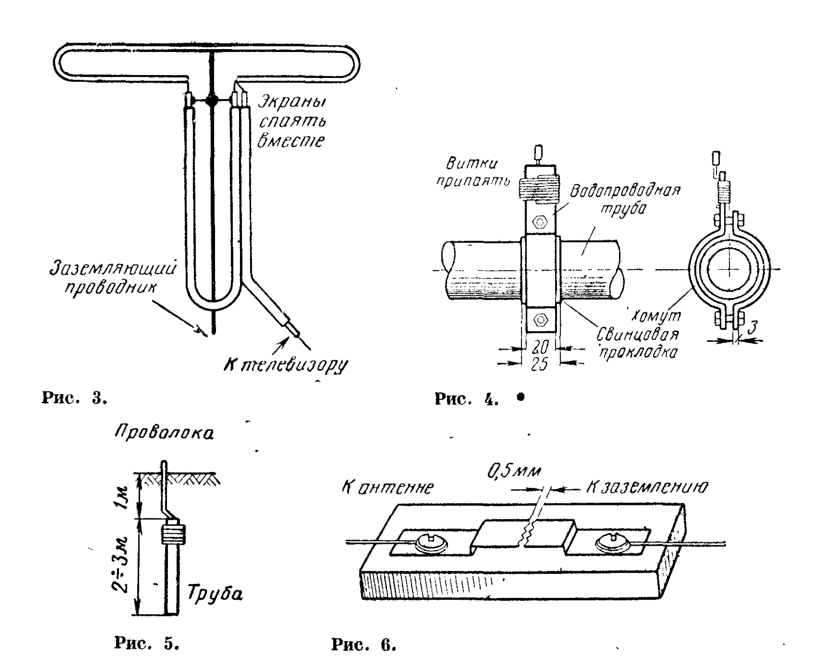


Рис. 3.

Рис. 4.

Рис. 5.

Рис. 6.

водопроводную трубу диаметром до 5 *см* и длиной до 3 *м* забивают в землю. Вместо трубы можно использовать железный стержень, фасонную сталь любого размера, железное ведро и т. п.

Перед погружением заземлителя в грунт поверхность его следует очистить от ржавчины, краски и других изолирующих веществ. Верхний конец заземлителя должен быть ниже поверхности земли на 0,5—1 *м* (рис. 5). Присоединение провода к заземлителю осуществляется сваркой или пайкой.

При устройстве заземления в очень сухих песчаных и каменистых грунтах при низком уровне грунтовых вод рекомендуется для повышения проводимости заземления окружать его размельченным древесным углем, коксом или другими веществами, впитывающими влагу. Вместо угля можно применять поваренную соль, но соли требуется большое количество (30—40 *кг* на один заземлитель), а возобновлять обработку нужно каждые 2 года.

При отсутствии переключателя для защиты от грозовых разрядов и электрических зарядов, возникающих на антенне, можно использовать простейший грозоразрядник, например две металлические гребенки, расположенные напротив друг друга с зазором 0,5 *мм* (рис. 6). Можно применить также газовые разрядники, предназначенные для защиты телефонных и телеграфных линий.

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ О ЗАЗЕМЛЕНИИ [1]

В конце прошлого века великий русский ученый изобретатель радио А. С. Попов впервые в мире применил заземление в качестве составной части открытого колебательного контура приемного и передающего устройства. С тех пор заземление получило широкое распространение в радиотехнике.

В 20-х годах появились рамочные антенны, не требующие заземления для их работы. Заземление также было ненужным для устройств, работающих на метровых и дециметровых волнах, которые стали осваиваться в 30-х годах.

[1] Васильев В. «Радио», 1968, № 6.

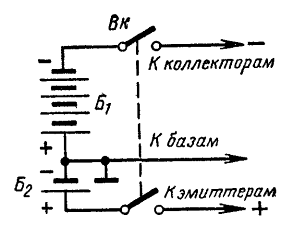


Рис. 1.

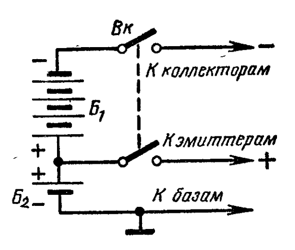


Рис. 2.

В те же годы появились приемники с бестрансформаторным питанием, в которых заземление было не только излишним, но даже опасным, так как заземление схем этих приемников осуществлялось через провода электросети. На принципиальных схемах подобных приемников было обозначено соединение с металлическим шасси приемника. Это шасси служило одновременно надежным электрическим экраном и общим проводом.

В большинстве транзисторных приемников используются в основном транзисторы структуры *p-n-p*, включенные по схеме с общим эмиттером. Поэтому общим проводом в них является плюсовый провод источника питания. В ряде конструкций, где применяются транзисторы структуры *n-p-n*, общим считают минусовый провод. В последние годы появились радиоприемники на транзисторах структуры *p-n-p*, в которых также с общим проводом соединен минус источника питания. Главным образом это телевизоры и приемники с УКВ диапазоном. Соединение с общим проводом минуса источника питания в этих случаях позволяет улучшить развязку ВЧ каскадов между собой и упростить цепи питания.

Совершенствование транзисторных устройств привело к появлению приемников с двумя источниками питания: одного для питания коллекторных цепей транзисторов, другого — базовых или эмиттерных. В таких случаях обычно с общим проводом соединяют общую точку источников питания. На рис. 1 приведена схема включения источников питания коллекторных и эмиттерных цепей для устройств на транзисторах структуры *p-n-p*. Так сделано, например, в любительском супергетеродине конструкции инж. С. Бать и Н. Гуськова («Радио», 1967, № 10). Схема раздельного питания коллекторных и базовых цепей от двух источников приведена на рис. 2.

В более простых конструкциях, например в приемнике из доступных деталей («Радио», 1967, № 8), где используется только одна батарея питания, необходимое напряжение для цепей баз (—0,7 *в*) получают с помощью диодно-транзисторного стабилизатора, упрощенная схема которого показана на рис. 3. В этом приемнике оказалось более удобным соединить с общим проводом эмиттер транзистора T_5, используемого в стабилизаторе напряжения. По своим характеристикам схема на рис. 3 несколько уступает схеме, представленной на рис. 2, но зато содержит только одну батарею вместо двух. В этом его явное преимущество.

Для нормальной работы радиоустройства ряд его узлов и деталей обязательно должен иметь надежное электрическое соединение с заземлением или с общим проводом (шасси).

В устройствах, работающих от сети переменного тока (ламповые телевизоры и приемники), заземляют металлическое шасси. С ним должны иметь хороший электрический контакт сердечники силового, выходного и других

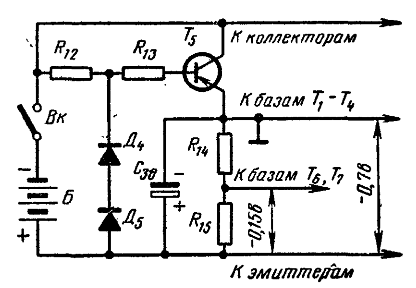


Рис. 3.

трансформаторов, дроссели фильтров выпрямителей, а также корпуса электролитических конденсаторов. Если этого не сделать, то появляются сильные наводки с частотой сети 50 *гц*.

Как в ламповых, так и в транзисторных устройствах должны быть заземлены или соединены с общим проводом экраны катушек индуктивности, в особенности фильтров ПЧ, а также роторы конденсаторов переменной емкости. Если эти детали не заземлены либо заземление (соединение с общим проводом) выполнено плохо, как правило, наблюдается самовозбуждение высокочастотного тракта приемника (телевизора).

МАГНИТНЫЕ АНТЕННЫ [1]

В промышленных и любительских радиоприемниках, особенно в миниатюрных и переносных, для приема на длинных и средних волнах применяют *магнитные (ферритовые) антенны*. Такая антенна представляет собой стержень прямоугольного или круглого сечения из материала с большой магнитной проницаемостью (феррита), на который надета небольшая катушка (см. рисунок). Иногда катушка состоит из нескольких секций на разные участки диапазона принимаемых волн.

Феррит сильно намагничивается под действием даже очень слабого электрического магнитного поля проходящих радиоволн, а потери энергии в нем гораздо меньше, чем во многих других магнитных материалах. Благодаря этим свойствам феррита даже при небольших размерах катушки магнитной антенны в ней под действием радиоволн возникает э. д. с. почти такая же, как в катушке входного контура приемника, если ведется прием на комнатную антенну малых размеров.

Сердечник магнитной антенны в большинстве случаев имеет длину от 60 до 200 *мм*, а число витков катушки бывает порядка 60—100 для приема на средних волнах и 200—400 для длинных волн. Чтобы получить наиболее громкий прием на магнитную антенну, надо расположить ее так, чтобы ось сердечника была перпендикулярна направлению на передающую радиостанцию. При этом плоскость витков катушки будет направлена на радиостанцию.

---

[1] По разным источникам.

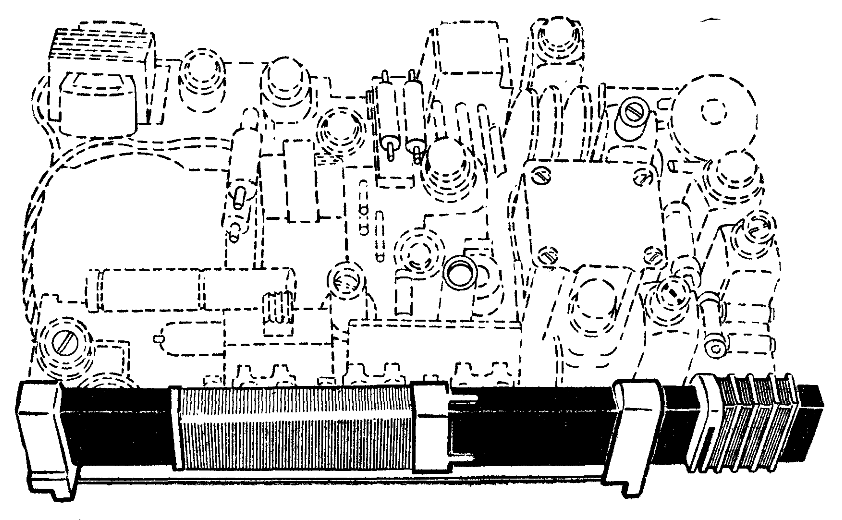


Рис. 1.

Магнитная антенна значительно слабее воспринимает индустриальные помехи, и поэтому в местах, где действуют индустриальные помехи, прием на магнитную антенну будет значительно чище, чем на обычные антенны.

Обычно магнитную антенну монтируют внутри приемника. Для использования ее направленных свойств миниатюрные приемники поворачивают до получения наиболее громкой слышимости. В больших приемниках магнитную антенну вращают специальной ручкой.

ЛИТЕРАТУРА

Жеребцов И. П. Радиотехника, изд. 5-е. Связьиздат и изд-во «Советское радио», 1965.

В гл. 4 книги достаточно полно описываются конструкции различных антенн и рассматривается распространение радиоволн разных диапазонов в разное время суток и года.

Изюмов Н. М. и Линде Д. П. Основы радиотехники, изд. 2-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека).

Гл. 6 посвящена антеннам, гл. 7 — распространению радиоволн. Рассмотрены антенны для ДВ, СВ, КВ и УКВ, диаграммы направленности антенн.

Рассказано о свойствах атмосферы и земной поверхности, влияющих на распространение радиоволн, и рассмотрены особенности распространения радиоволн различных диапазонов.

Радиолюбительский справочник. Под общей ред. Д. П. Линде. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Главы 8 и 9 справочника посвящены антенно-фидерным устройствам и распространению радиоволн.

Малинин Р. М. Справочник по транзисторным схемам. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека).

Содержит справочный материал о магнитных антеннах транзисторных радиовещательных приемников.

Метузалем Е. В. и Рыманов Е. А. Приемные телевизионные антенны. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Брошюра справочной серии МРБ. Содержит рекомендации по выбору, изготовлению и установке телевизионных антенн. Рассмотрены комнатные антенны, наружные антенны промышленного изготовления и радиолюбительские («волновой канал», синфазные, рамочные, зигзагообразные).

Сотников С. К. Дальний прием телевидения, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека).

Описываются конструкции антенн для дальнего приема. Даются сведения по их настройке.

Белоцерковский Г. Б. Распространение радиоволн и антенны. Изд-во «Советское радио», 1969, 259 стр.

Это второй том учебника для техникумов «Основы радиотехники и антенны» (аннотацию см. в литературе к главе 2 на стр. 74). В этом томе рассматриваются вопросы распространения радиоволн, а также теория и устройство антенн. Много внимания уделено физической сущности процессов, происходящих в антенно-фидерных устройствах.

Харченко К. П. УКВ антенны для радиолюбителей. Изд-во ДОСААФ, 1969, 80 стр.

В книге рассматриваются вопросы выбора и конструирования УКВ антенн и их элементов, выбора питающих фидеров, способы установки и крепления антенн.

Капчинский Л. М. Телевизионные антенны. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 124 стр.

Приводятся различные конструкции наружных и комнатных антенн, описываются схемы и конструкции устройств для подключения нескольких телевизоров к одной антенне. Даются рекомендации по выбору типа антенны в зависимости от рельефа местности, расстояния до телецентра, мощности передатчиков.

Даны советы по настройке, изготовлению и установке антенн.

Ротхаммель К. Антенны, изд. 2-е. Сокращенный перевод с нем.

Т. Э. Кренкеля. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 312 стр.

Книга известного коротковолновика Карла Ротхаммеля выдержала пять изданий в ГДР, переиздавалась в Англии и Австрии. Первое издание вышло в МРБ в 1967 г. и было быстро распродано.

Большой интерес к этой книге вызван тем, что в ней приводится около 70 практических конструкций антенн для работы на коротких и ультракоротких волнах. Умелое сочетание теории с практическими данными разнообразных антенн делает книгу доступной широкому кругу радиолюбителей.

Проводятся простые расчеты антенн, применяемых коротковолновиками всего мира. Значительное место отводится практическим советам по настройке антенн и их согласованию.

Книга может служить справочным руководством для начинающих и быть полезной опытным радиолюбителям при настройке сложных антенн.

Хомич В. И. Ферритовые антенны, изд. 3-е. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 96 стр.

В книге рассказано о свойствах ферритов и описаны ферритовые антенны. Дается их расчет, принципы конструирования, схемы включения, методы измерения. Приводятся конструкции телевизионной ферритовой антенны и антенны приемника для «охоты на лис».



5 ГЛАВА

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ И ТРАНЗИСТОРЫ

ЭЛЕКТРОННАЯ ЛАМПА [1]

Это название прекрасно подчеркивает основную черту радиолампы как прибора, работа которого построена на использовании движения электронов. В чем заключается участие электронов в работе радиолампы?

В металлах имеется много полусвободных, т. е. слабо связанных с атомами, электронов. Они находятся в постоянном движении, точно так же как находятся в постоянном движении все частицы вещества — атомы и молекулы. Движения электронов хаотичны; для иллюстрации такого движения обычно приводят в качестве примера рой комаров в воздухе.

Но если электроны летают в металле в различных направлениях, да еще с громадными скоростями (до 100 *км/сек*), то они, вероятно, вылетают и за пределы тела? На самом деле этого не происходит. Те скорости, которыми электроны обладают в нормальных условиях, недостаточны для их вылета из металла во внешнее пространство. Для этого нужны гораздо большие скорости.

---

[1] По разным источникам.

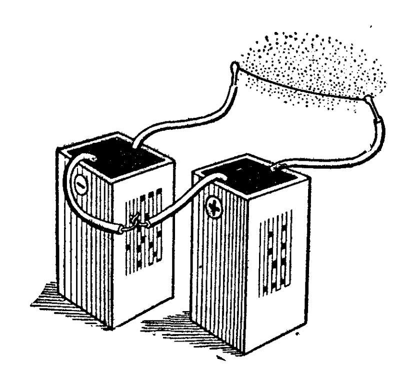


Рис. 1. При температуре 2 000° К вольфрамовая нить испускает электроны.

Электронная эмиссия. Каким же способом можно увеличить скорость движения электронов? Если нагревать металл, то скорость движения электронов возрастет и может достичь предела, когда электроны начнут вылетать в пространство (рис. 1). Например, для чистого вольфрама она равна 1 270 *км/сек*. Такой скорости электроны достигают при нагреве вольфрама до 2 000° и выше (здесь и дальше температура указана в градусах Кельвина).

Испускание нагретым металлом электронов называется *термоэлектронной эмиссией*. Ее можно уподобить испарению жидкостей. При низких температурах испарения не происходит или оно очень мало. С повышением температуры испарение увеличивается. Бурное испарение начинается по достижении точки кипения.

Для получения термоэлектронной эмиссии металл надо нагреть. Удобнее всего нагревать его электрическим током. В электронных лампах нагреваемому металлу придают вид тонких нитей, накаливаемых электрическим током. Нити эти называются *нитями накала*, а нагревающий их электрический ток — *током накала*.

Мы упоминали о том, что для получения эмиссии надо нагреть металл до очень высокой температуры — примерно до 2 000° и даже выше. Такую температуру выдерживает далеко не каждый металл; большинство металлов при такой высокой температуре плавится. Поэтому нити накала можно делать только из очень тугоплавких металлов; обычно их делают из вольфрама.

В первых образцах электронных ламп применялись чисто вольфрамовые нити накала. При температуре, нужной для получения эмиссии, вольфрамовые нити накаливались до белого свечения, отчего и произошло между прочим название «лампа». Однако такая «иллюминация» обходится очень дорого. Чтобы накалить нить лампы до белого каления, нужен сильный ток. Маленькие приемные лампы с чисто вольфрамовой нитью накала потребляли ток накала в пол-ампера.

Но скоро был найден путь уменьшения тока накала. Исследования показали, что если покрыть вольфрам некоторыми другими металлами или их окислами, то вылет электронов облегчается. Для вылета требуются меньшие скорости, следовательно, требуется и меньший нагрев нити, значит, такая нить будет потреблять меньший ток накала. Современные оксидированные нити накала работают при температуре около 700—900° С, т. е. при мало заметном оранжево-красном накале. В связи с этим удалось снизить ток накала примерно в 10—20 раз.

Процесс покрытия нитей накала облегчающими эмиссию составами называется *активированием*, а сами нити носят название *активированных*. Такие нити накала хороши во всех отношениях, кроме одного: они боятся перекала, т. е. повышенного нагрева. Если активированную нить перекалить, то нанесенный на нее слой активирующего вещества улетучится; вследствие этого нить потеряет способность испускать электроны при низкой температуре. Про такую лампу говорят, что она *«потеряла эмиссию»*. Нить накала такой лампы цела, лампа «горит», но не работает. Об этом следует помнить и никогда не допускать, чтобы напряжение накала лампы превосходило нормальную величину.

Потерявшую эмиссию лампу можно было бы заставить работать, доведя накал ее нити до белого свечения. Но нити современных ламп делаются очень тонкими, и так как при белом калении металл нити довольно быстро распыляется, то нити скоро перегорают.

В практических схемах нити накала всегда соединяют с отрицательным полюсом (минусом) основного источника питания, почему они и называются *катодами*.

Катоды. Раскаленная нить не всегда служит непосредственным излучателем электронов. Иногда она используется только в качестве источника тепла, с помощью которого разогревается другое металлическое тело, являющееся источником нужных для работы лампы электронов. Иначе говоря, функции подогрева и излучения электронов не всегда бывают объединены.

Если катод выполнен в виде тонкой нити, ее удобно питать постоянным током от гальванических элементов или от аккумулятора, так как для ее накала требуется небольшой ток. Но для питания переменным током тонкие нити накала не годятся.

Для нормальной работы электронных приборов надо, чтобы катод все время изучал одинаковое количество электронов. Для этого его температура должна поддерживаться строго постоянной. При питании нити от батарей или аккумуляторов это условие выполняется. Но при питании нити переменным током оно уже не может быть соблюдено. Переменный ток 100 раз в секунду (дважды в течение каждого периода) достигает наибольшей величины и столько же раз уменьшается до нуля. Очевидно, что и температура нити накала будет испытывать колебания в соответствии с изменениями величины тока, а вместе с тем будет изменяться и количество излучаемых электронов.

Правда, вследствие тепловой инерции нить не успеет полностью охладиться в те мгновения, когда ток переходит через нулевое значение, но все же колебания ее температуры и величины электронной эмиссии оказываются очень заметными. Это обстоятельство не позволяло раньше пользоваться таким удобным источником тока, как осветительная сеть, для питания электронных ламп.

Решение этого вопроса дала реализация предложения нашего ученого А. А. Чернышева об устройстве подогревного катода. В настоящее время такие катоды применяют во всем мире.

В подогревном катоде нить накала не является источником излучения электронов. Непосредственный излучатель электронов лишь подогревается ею. Отсюда и произошло название «подогревный» катод. Масса излучателя делается достаточно большой, для того чтобы он не успевал охладиться во время уменьшения величины подогревающего тока. Такие катоды не могут давать эмиссию немедленно после включения тока накала. Их разогрев занимает примерно от 15 до 30 *сек*.

Конструкции подогревных катодов бывают различными, но принцип их устройства в общем одинаков. В современных конструкциях ламп нить подогревателя обмазывают составом, который после соответствующей обработки затвердевает, покрывая подогреватель теплостойкой оболочкой, обладающей достаточно хорошими изоляционными свойствами при высокой температуре. На подогреватель надевается цилиндрик из никеля, покрытый снаружи слоем оксида, являющийся собственно излучателем электронов — катодом. У таких катодов имеются три вывода — два от концов подогревающей нити и один от излучателя. Первые два называются выводами нити накала, а третий — выводом катода.

Цилиндрическая форма подогревного катода наиболее распространена, но не является единственной. В электроннолучевых трубках, с которыми мы встретимся позже, применяют катод в форме стаканчика, дно которого снаружи покрыто оксидом.

Если излучателем электронов является сама нить накала, то такой катод называют катодом *прямого накала*, если же нить только подогревает излучатель, то подобное устройство называют катодом *косвенного подогрева* или *косвенного накала*.

Вакуум. Каждый, кто видел электронную лампу, знает, что она заключена в стеклянный или металлический баллон, из которого выкачан воздух. Внутри баллона воздух чрезвычайно разрежен. Давление воздуха на поверхности земли равно примерно 760 *мм рт. ст.*, а давление воздуха внутри баллона электронной лампы составляет всего лишь около 10^{-7} *мм рт. ст.* и



Рис. 2. Давление воздуха внутри баллона радиолампы примерно в 10^{10} раз меньше атмосферного.

даже меньше, т. е. примерно в 10 млрд. раз меньше (рис. 2). Такую степень разреженности называют высоким *вакуумом* (вакуум по-русски значит пустота).

Для чего нужен вакуум в электронной лампе?

Во-первых, он нужен для сохранения нити накала. Если бы нить накала, нагретая почти до тысячи градусов, находилась в воздухе, то она бы очень скоро перегорела. Нагретые тела быстро окисляются кислородом воздуха.

Во-вторых, вакуум нужен для беспрепятственного движения вылетающих из нити электронов. Надо, чтобы они не встречали на своем пути никаких препятствий. Воздух же является таким препятствием.

Молекулы газов, входящих в состав воздуха, в несметном количестве окружают нить накала и препятствуют полету электронов. Для того чтобы уменьшить возможность столкновения электронов с частицами газов, воздух внутри баллона разрежают.

Особую роль в создании вакуума играют так называемые *геттеры*, или *поглотители*. Дело в том, что при производстве ламп невозможно довести вакуум в них до требуемой степени при помощи насосов. Таким путем производят разрежение воздуха в лампе до одной тысячной или сотой миллиметра ртутного столба. А для достижения более высокого разрежения в лампе распыляют вещество, которое обладает способностью жадно поглощать газы. Таким свойством обладают, например, металлы: магний, барий и некоторые соединения.

Чтобы распылить геттер в лампе со стеклянной оболочкой, к ней подносят катушку, питаемую током высокой частоты. Укрепленная на никелевой пластинке внутри лампы таблетка геттера раскаляется и испаряется. Пары ее оседают на стекле и образуют тот серебристый (при магниевом геттере) или темно-металлический (при геттере из бария) налет, который мы видим у большинства стеклянных электронных ламп.

В среде столь разреженного газа электроны распространяются практически беспрепятственно. Не больше чем один электрон из миллиона встречает на своем пути молекулу газа.

ДИОДЫ [1]

Простейшей электронной лампой является диод. Слово «диод», основой которого служит греческий корень «ди» — два, означает, что в этой лампе имеются два электрода (рис. 1).

Первый из этих электродов — *катод*, служит для излучения потока электронов. Вторым электродом является металлическая пластинка — *анод*. Таким образом, диод — двухэлектродная электронная лампа — представляет собой стеклянный баллон, из которого выкачан воздух и внутри которого находятся катод и анод. От этих электродов сквозь стенки баллона проходят выводы. От анода делают один вывод. В случае катода прямого накала выводы делают от концов нити. Если катод подогревный, то делают два вывода от подогревающей нити и один от собственно катода.

Внутри баллона лампы создают высокий вакуум. Если катод нагреть до нужной температуры, то начнется электронная эмиссия и электроны обра-

[1] Левитин Е. А. Электронные лампы. Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

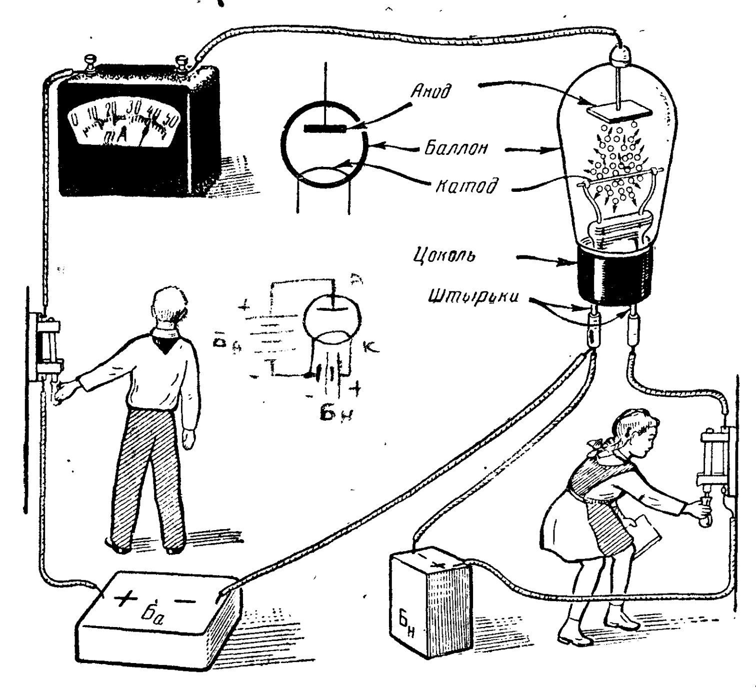


Рис. 1.

зуют вокруг катода своего рода электронное облачко. Образование этого облачка объясняется тем, что электроны, вылетающие из катода, испытывают отталкивающее действие со стороны ранее вылетевших электронов, поэтому они не могут отлететь на значительное расстояние от катода. Часть электронов, имеющих наименьшие скорости, падает обратно на катод. Однако электронное облачко стабилизируется: на катод падает столько же электронов, сколько из него вылетает. Облачко представляет собой запас свободных электронов в вакууме.

Второй электрод — *анод* — предназначается для использования электронов, вылетающих из катода, и для управления ими. С этой целью к катоду и аноду лампы подводится электрическое напряжение, например от батареи.

Это напряжение можно подвести к лампе двумя способами: минус источника напряжения — к катоду и плюс — к аноду, или наоборот. Если присоединить плюс источника напряжения к катоду, а минус — к аноду, то электроны, вылетающие из катода и сконцентрированные в окружающем его электронном облачке, не будут использованы. Отрицательно заряженный анод будет отталкивать электроны.

Иначе будет обстоять дело тогда, когда мы присоединим плюс источника напряжения к аноду, а минус — к катоду и одновременно в цепь батареи включим миллиамперметр. При таком присоединении миллиамперметр отметит прохождение тока. По цепи батарея — катод лампы — пространство между катодом и анодом лампы — миллиамперметр — батарея будут двигаться электроны. Ток в цепи возникает тогда, когда плюс батареи присоединен к аноду, а минус — к катоду. Этим и объясняется название второго электрода лампы: «анод» (в электротехнике анодом принято называть электрод, соединенный с положительным полюсом источника тока, а катодом — электрод, соединенный с отрицательным полюсом). В соответствии с этим текущий через лампу ток, образованный потоком электронов, несущихся

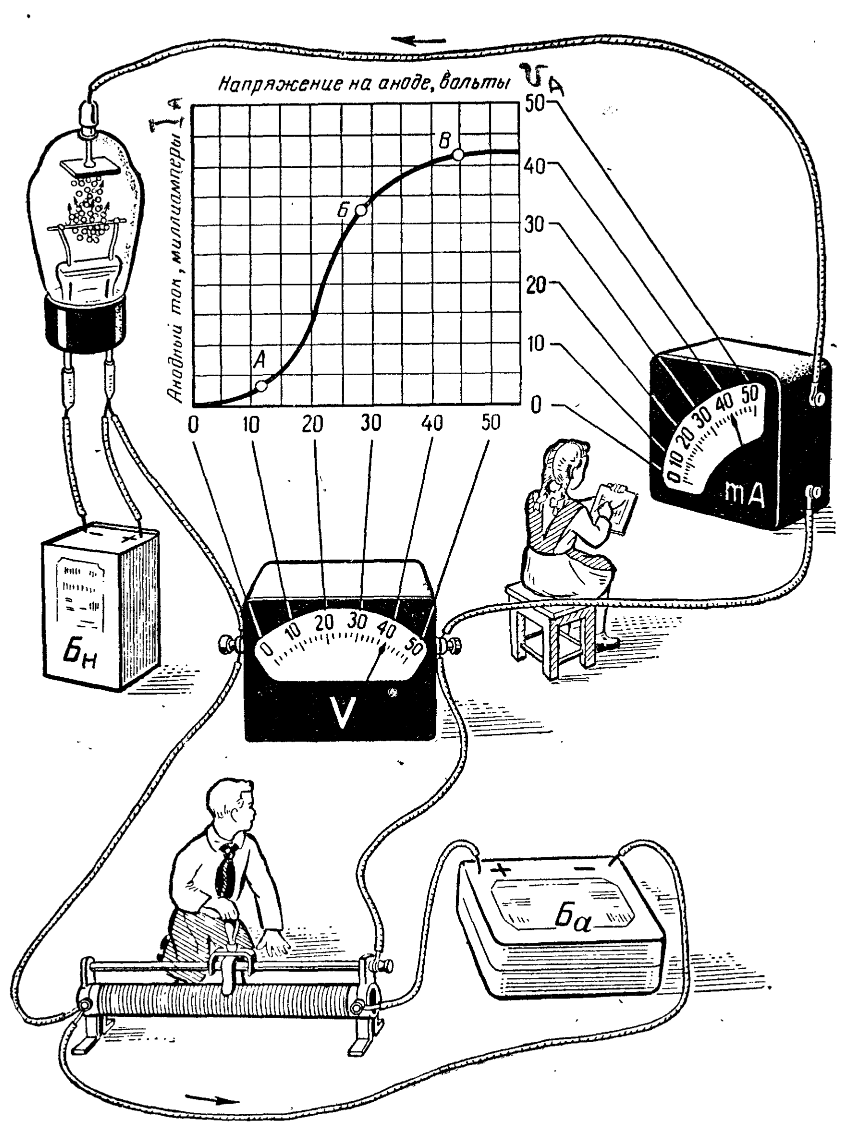


Рис. 2.

от катода к аноду, называют *анодным током*. Анодный ток обозначается обычно символом $I_а$, а напряжение на аноде — символом $U_а$. В отличие от него напряжение накала лампы́ обозначается символом $U_н$.

Чем же определяется величина $I_а$?

Раскалим катод до нужной температуры и будем подавать на анод положительное напряжение, начиная с самого небольшого и постепенно увеличивая его. При каждом изменении анодного напряжения будем по миллиамперметру отмечать величину тока в цепи. Если мы затем по записанным отсчетам построим график, откладывая по горизонтальной оси величины напряжения

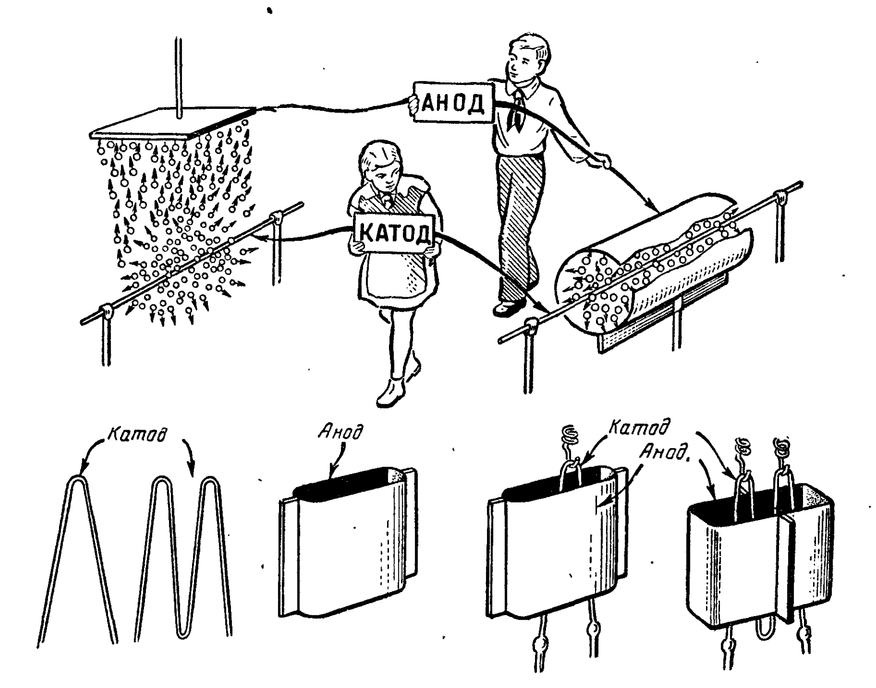


Рис. 3.

на аноде, а по вертикальной соответствующие величины анодного тока, то получим кривую, подобную изображенной на рис. 2.

При отсутствии анодного напряжения, т. е. при $U_а = 0$, электроны к аноду не притягиваются, анодный ток равен нулю ($I_а = 0$). Анодный ток возникает после того, как на анод подано положительное напряжение. По мере его увеличения анодный ток будет возрастать, причем рост его до точки A вначале идет медленно, а затем быстрее. Такое быстрое возрастание тока продолжается, пока он не достигнет некоторого значения, соответствующего точке $Б$. При дальнейшем повышении анодного напряжения рост анодного тока замедляется. Наконец, в точке $В$ он достигнет наибольшей величины. Дальнейшее повышение анодного напряжения уже не сопровождается увеличением анодного тока [1].

Кривая, показывающая зависимость величины анодного тока двухэлектродной лампы от напряжения на ее аноде, называют вольт-амперной характеристикой диода.

Чем же объясняется такая форма характеристики диода?

При отсутствии напряжения на аноде все излучаемые катодом электроны скапливаются вокруг него, образуя электронное облачко. При появлении на аноде небольшого положительного напряжения некоторые электроны, обладающие большей скоростью, чем остальные, начинают отрываться от облачка и устремляются к аноду, создавая небольшой анодный ток. По мере увеличения анодного напряжения все большее количество электронов будет отрываться от облачка и притягиваться анодом. Наконец, при достаточно большом напряжении на аноде все электроны, окружающие катод, будут притянуты, электронное облачко совершенно «рассеется». Это соответствует

[1] У диода с активированным (оксидным) катодом не наблюдается замедления роста анодного тока. Однако при анодном токе, превышающем некоторую предельную величину, катод разрушается. (*Прим. ред.*)

точке B на характеристике лампы. При таком анодном напряжении все вылетающие из катода электроны будут немедленно притягиваться анодом. Дальнейшее увеличение анодного тока при данной величине накала невозможно. Для этого нужны дополнительные электроны, а их взять нельзя, вся эмиссия катода исчерпана.

Анодный ток такой величины, какая устанавливается при полном использовании всей эмиссии катода, называется *током насыщения* [1]. Увеличить ток насыщения можно только одним способом: повысить накал катода, но этот способ не применяется, потому что он сокращает срок службы катода.

До сих пор мы говорили об аноде как о металлической пластинке. В практических конструкциях диодов анод обычно имеет форму цилиндра или коробки без двух стенок (часто с закругленными углами — рис. 3), окружающей катод. В последнем случае нить имеет вид латинской буквы V или W.

При таких конструкциях анодов все излучаемые катодами электроны с одинаковой силой притягиваются анодами.

Для уменьшения нагрева анода его часто снабжают ребрами или крылышками, которые способствуют лучшему отводу от него тепла.

ТРИОДЫ [2]

Электронные лампы приобрели свои исключительно ценные свойства лишь после того, как в диод был введен третий электрод — сетка. Она помещается между катодом и анодом.

Название «сетка» объясняется тем, что в первых конструкциях ламп она действительно представляла собой сетку или решетку (рис. 1 и 2). В дальнейшем сетку начали делать в виде проволочной спирали или «частокола» из тонких проволок, окружающих катод, но первоначальное название «сетка» удержалось за этим электродом до настоящего времени.

Какую же роль выполняет сетка?

Работа триода, как всякой электронной лампы, основана на существовании электронного потока между катодом и анодом. Сетка находится между

[1] Лампы с оксидированным катодом не имеют тока насыщения. (*Прим. ред.*)

[2] Левитин Е. А. Электронные лампы. Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

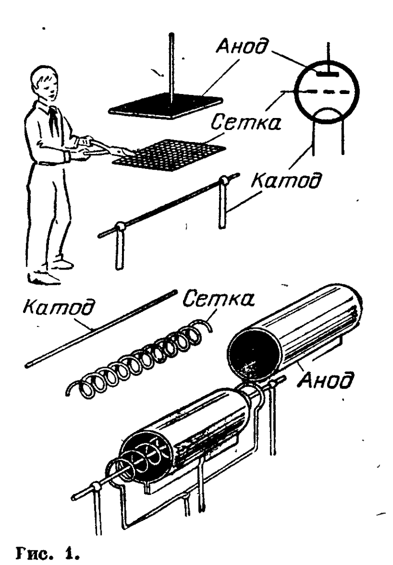


Рис. 1.

Рис. 2.

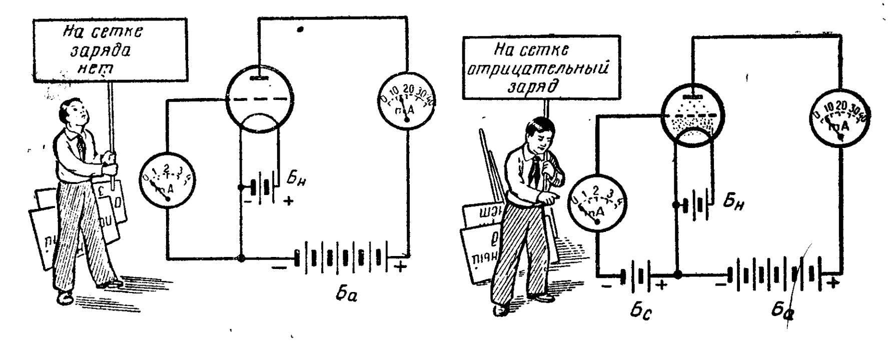


Рис. 3. Рис. 4.

этими электродами; поэтому электроны, устремляющиеся от катода к аноду, встречают ее на своем пути и сетка управляет количеством электронов, летящих к аноду.

Сетку нельзя рассматривать как механическое препятствие для электронов. Промежутки между витками сетки, как бы густа она ни была, всегда будут огромны по сравнению с размерами электронов. Если, например, представить себе электрон в виде футбольного мяча, то расстояния между витками сетки в том же масштабе будут равны расстояниям между планетами нашей Солнечной системы.

Сетка, как и другие электроды, имеет вывод наружу. Если вывод сетки присоединить к катоду (рис. 3), то она приобретает потенциал катода. Между сеткой и катодом не будет электрического поля, поэтому витки сетки окажут очень слабое действие на электроны, летящие от катода к аноду. Возможно, что отдельные электроны, столкнувшиеся с витками сетки, застрянут на них. Но в этом случае сетка зарядится отрицательно по отношению к катоду и излишние электроны немедленно стекут с нее на катод по соединительному проводнику, выравнивая таким образом потенциал сетки и катода.

Положение резко изменится, если сообщить сетке какой-либо потенциал относительно катода. Осуществить это можно, включив, например, между катодом и сеткой батарею.

Если батарея окажется включенной так, что сетка зарядится отрицательно (рис. 4), то последняя начнет отталкивать электроны обратно к катоду. Если в анодную цепь лампы включен измерительный прибор, то он зарегистрирует уменьшение анодного тока. Прорваться к аноду сквозь сетку смогут лишь те электроны, которые обладают достаточно большой скоростью.

При значительном отрицательном потенциале сетки даже те электроны, которые обладают наибольшей скоростью, не смогут преодолеть ее отталкивающее действие. Анодный ток прекратится. Лампа, как говорят, будет заперта.

Если батарею (которую мы назовем сеточной) присоединить так, чтобы сетка была заряжена положительно относительно катода (рис. 5), то возникшее между катодом и сеткой электрическое поле станет ускорять движение электронов. В этом случае прибор в цепи анода покажет увеличение анодного тока. Теперь смогут достигать анода и те электроны, которые при вылете из катода обладали малой скоростью и без помощи сетки не смогли бы преодолеть путь до анода.

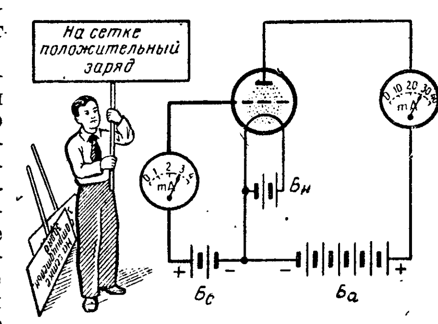


Рис. 5.

Чем выше положительный потенциал сетки, тем больше она способствует увеличению скорости электронов, излучаемых катодом. В соответствии с этим возрастает и анодный ток. При этом, разумеется, некоторая часть электронов притягивается и к сетке, но при правильной конструкции лампы количество этих электронов невелико по сравнению с общей эмиссией катода. Подавляющее число электронов вследствие притяжения сеткой получает столь большое ускорение, что они проскакивают через промежутки между ее витками и устремляются к аноду, притяжение которого еще больше ускоряет их. Лишь те электроны, которые на своем пути сталкиваются непосредственно с витками сетки или оказываются в непосредственной близости от них, притянутся к сетке и создадут в ее цепи ток, получивший название *сеточного тока*.

В дальнейшем разность потенциалов между сеткой и катодом будем называть *напряжением на сетке*. Если потенциал сетки положителен по отношению к катоду, это напряжение тоже считается положительным, а если потенциал сетки по отношению к катоду отрицателен, то и напряжение на сетке имеет отрицательный знак. По мере увеличения положительного напряжения на сетке количество притягиваемых ею электронов увеличивается и при большом напряжении сеточный ток может стать очень большим.

Процессы, происходящие в цепях анода и сетки трехэлектродной лампы, можно наглядно показать при помощи графика (рис. 6). По горизонтальной оси графика откладывают напряжение на сетке в вольтах, а по вертикальной — величину анодного тока в миллиамперах. Точка пересечения осей, т. е. начало координат, соответствует нулевому потенциалу сетки. Вправо от нее откладывается положительное напряжение на сетке, влево — отрицательное.

Для получения данных, нужных для построения графика, соберем схему, которая даст возможность изменять по желанию напряжение на сетке при неизменном напряжении на аноде и, разумеется, при неизменном напряжении накала. Отложив на графике величины анодного тока, соответствующие различным значениям напряжения на сетке, в виде кривой, мы получим так называемую *анодно-сеточную характеристику триода*, показывающую зависимость анодного тока лампы от величины и знака напряжения на сетке.

При некотором отрицательном напряжении на сетке анодный ток прекращается — становится равным нулю. Эта точка считается началом характеристики, так как достаточно самого малого уменьшения отрицательного напряжения на сетке, чтобы анодный ток возник. На приведенном графике этой точке соответствует напряжение на сетке, равное —8 *в*.

На графике внизу изображена и характеристика сеточного тока. Он начинается примерно при нулевом напряжении сетки и возрастает по мере увеличения положительного напряжения на ней. Влево от нуля, в области отрицательных напряжений на сетке, ток в ее цепи отсутствует. Однако анодный ток в этой области имеется, и величина его зависит от значения отрицательного потенциала сетки. При отрицательном потенциале на сетке она управляет величиной анодного тока, не потребляя никакого тока, т. е. не потребляя энергии. Она ведет себя как электрическая заслонка, регулирующая доступ электронов к аноду лампы, но не расходующая энергии на свою работу. Это обстоятельство вместе с уже отмеченным ранее мгновенным изменением величины анодного тока при изменениях напряжения на сетке представляет замечательную особенность электронных ламп с сетками, обеспечивающую им самые разнообразные применения.

На использовании управляющего действия сетки и основана способность лампы усиливать подводимое к ней напряжение. Увеличивая или уменьшая отрицательное напряжение на сетке, мы тем самым заставляем анодный ток соответственно ослабляться или возрастать. Если в анодную цепь лампы включить резистор (сопротивление) R (рис. 7), то анодный ток, проходя по нему, будет создавать на нем падение напряжения. Любое увеличение или уменьшение анодного тока приведет к изменению величины падения напряжения на резисторе. Кривая, по которой изменяется анодный ток, имеет

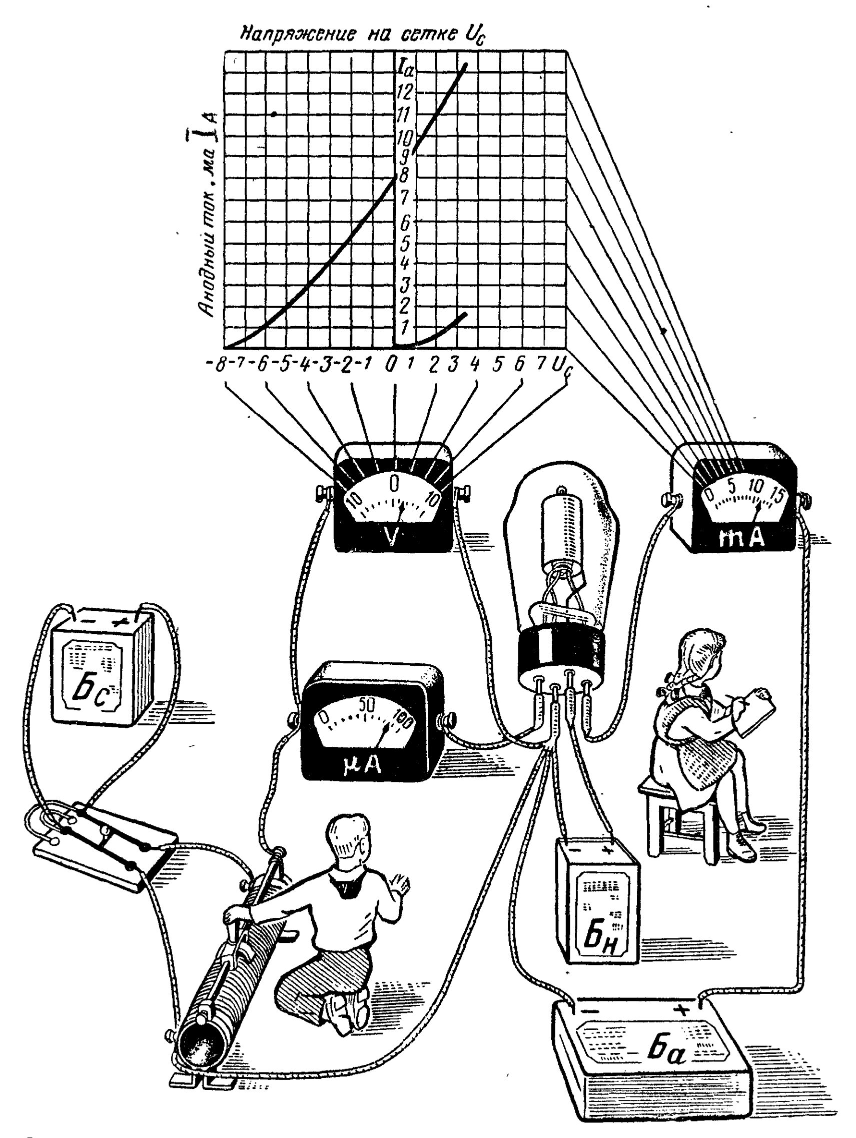


Рис. 6.

такую же форму, как и переменное напряжение на сетке; поэтому и форма изменения напряжения на резисторе будет такой же. Однако при этом изменении напряжения на резисторе будут во много раз больше по величине, потому что малые изменения напряжения на сетке создают большие изменения величины анодного тока даже при условии, что резистор в анодной цепи лампы имеет достаточно большое сопротивление. Колебания напряжения на резисторе будут представлять собой как бы увеличенную фотографию колебаний напряжения на сетке.

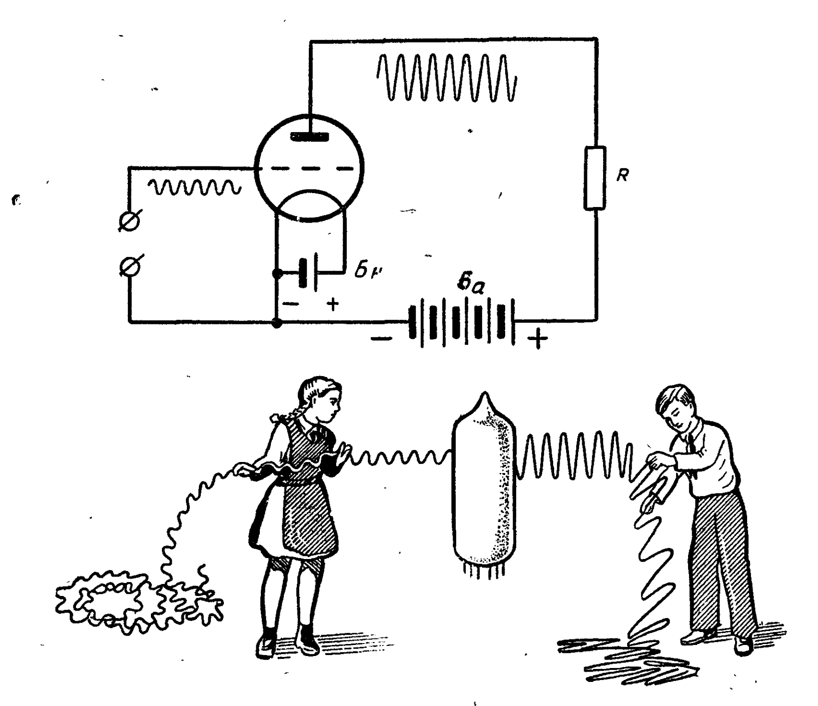


Рис. 7.

Наклон характеристики у различных ламп неодинаков. У одних характеристика идет круче, у других — более полого. Чем круче поднимается характеристика, тем сильнее будут сказываться изменения сеточного напряжения на величине анодного тока и, следовательно, тем больше будет усиление лампы.

Из этого можно сделать вывод, что чем круче характеристика лампы, тем бо́льшими усилительными способностями она обладает.

У нас выпускались и выпускаются разные типы триодов: 6С1П, 6С2П, 6С3П, 6С3Б, 6С6Б, 6С7Б и др.

ПАРАМЕТРЫ ТРИОДОВ [1]

Для оценки ламп и для их сравнения пользуются специальными числовыми показателями, носящими название *параметров*.

То свойство лампы, о котором мы только что говорили, называется *крутизной характеристики* или просто «крутизной». Этот параметр показывает, насколько круто поднимается анодно-сеточная характеристика лампы, т. е. насколько резко изменяется величина анодного тока при изменениях напряжения на сетке.

Крутизна характеристики обозначается буквой S и выражается в миллиамперах на вольт (*ма/в*). Физически крутизна характеристики показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения на ее сетке на 1 *в*.

[1] Левитин Е. А. Электронные лампы. Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

Для определения графическим способом крутизны характеристики надо построить на ней прямоугольный треугольник, гипотенузой которого служит исследуемый участок характеристики, а катетами — линии, параллельные горизонтальной и вертикальной осям графика (рис. 1). В таком треугольнике горизонтальный катет показывает величину изменения напряжения на сетке, а вертикальный — соответствующее изменение величины анодного тока лампы. Обозначим анодный ток символом $I_а$, а напряжение на сетке — символом $U_с$. Как принято в физике и технике, греческая буква Δ (дельта), стоящая перед обозначением какой-нибудь физической величины, обозначает небольшое увеличение, называемое приращением этой величины. На нашем рисунке вертикальный катет определяет величину приращения анодного тока, т. е. $\Delta I_а$, а горизонтальный катет — соответственно $\Delta U_с$. Взяв отношение $\Delta I_а/\Delta U_с$, т. е.

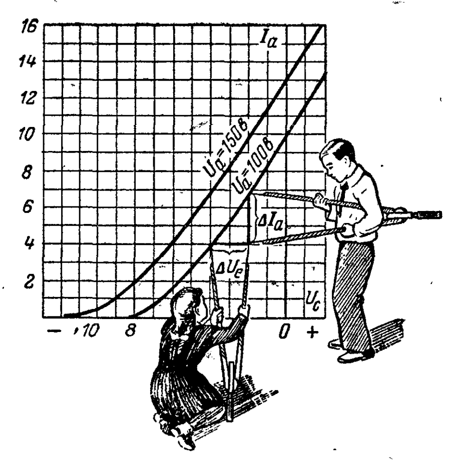


Рис. 1.

$$\frac{\text{приращение анодного тока (миллиамперы)}}{\text{приращение напряжения на сетке (вольты)}},$$

мы получим значение крутизны характеристики (*ма/в*). Если, например, изменение напряжения на сетке на 2 *в* приводит к изменению анодного тока на 3 *ма*, то крутизна характеристики

$$S = \frac{\Delta I_а}{\Delta U_с} = \frac{3}{2} = 1{,}5 \text{ ма/в}.$$

Если бы характеристика лампы представляла собой прямую линию, то крутизна, измеренная в разных ее точках, была бы одинаковой. В действительности же начальная (нижняя) часть характеристики более полога, чем остальная. Обычно лампа ставится в такие условия работы или, как часто говорят, в такой режим, при котором ее анодный ток изменяется в процессе работы только в пределах прямолинейной части характеристики. Поэтому, как правило, крутизну характеристики определяют именно для прямолинейного участка.

Крутизна характеристики зависит от конструкции лампы: крутизна тем больше, чем ближе сетка к катоду и чем больше эмиссия катода.

Характеристика, которую мы рассмотрели, получена при анодном напряжении $U_а = 100$ *в*. Если снять характеристику при более высоком анодном напряжении, например при 150 *в*, то она расположится на графике выше первой, потому что увеличение анодного напряжения приводит к возрастанию анодного тока.

Характеристики одной и той же лампы, снятые при разных анодных напряжениях, идут почти параллельно друг другу, причем характеристики, снятые при более высоком анодном напряжении, располагаются выше и левее, а снятые при более низком — ниже и правее. Ряд характеристик, снятых при разных анодных напряжениях, называют *семейством характеристик*.

Из характеристик видно, что есть две возможности влиять на величину анодного тока триода: изменяя напряжение либо на его аноде, либо на сетке. При этом для одинаковых изменений анодного тока нужны неодинаковые изменения анодного или сеточного напряжения. Чтобы уяснить себе связь

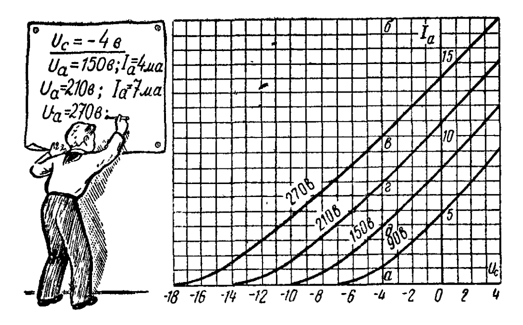


Рис. 2.

между этими величинами, сделаем такое построение. Проведем мысленно через семейство характеристик лампы (рис. 2) вертикальную прямую *аб*, соответствующую отрицательному напряжению на сетке —4 *в*. Точки *в*, *г* и *д*, в которых эта прямая пересечет характеристики, будут указывать величины анодного тока при одном и том же напряжении на сетке, но при разных анодных напряжениях.

Увеличение напряжения на аноде и на сетке, как мы знаем, приводит к увеличению анодного тока. Но анод расположен дальше от катода, чем сетка, поэтому он притягивает электроны слабее. Для увеличения анодного тока на одну и ту же величину требуется гораздо меньшее изменение напряжения на сетке, чем на аноде. У лампы, характеристики которой показаны выше, изменение напряжения на сетке на 3 *в* (с —4 до —1 *в*) вызывает изменение анодного тока на 3 *ма*. Если же напряжение на сетке оставить неизменным, равным —4 *в*, то для того, чтобы анодный ток возрос на те же 3 *ма*, потребуется повышение анодного напряжения на 60 *в* (со 150 до 210 *в*). Если для увеличения анодного тока на 3 *ма* потребовалось в 20 раз большее увеличение анодного напряжения по сравнению с сеточным (анодное на 60 *в*, а сеточное на 3 *в*), то можно сказать, что действие сетки на величину анодного тока в 20 раз сильнее действия анода.

Число, показывающее, во сколько раз сетка действует на анодный ток сильнее, чем анод, называется коэффициентом усиления лампы и обозначается греческой буквой μ (мю).

Математически это можно написать так:

$$\mu = \frac{\Delta U_а}{\Delta U_с} = \frac{60}{3} = 20.$$

Чем гуще сетка, тем сильнее любое изменение ее напряжения будет воздействовать на поток электронов, летящих от катода к аноду, тем больше коэффициент усиления.

Третьим параметром лампы является ее внутреннее сопротивление. Согласно закону Ома:

$$\text{сопротивление} = \frac{\text{напряжение}}{\text{ток}},$$

или, пользуясь буквенными обозначениями,

$$R = \frac{U}{I}.$$

По этой формуле можно по анодному напряжению лампы и соответствующему этому напряжению анодному току вычислить сопротивление лампы. Но найденная величина будет сопротивлением лампы постоянному току. Электронная лампа чаще всего используется для усиления переменных напряжений. При этом надо знать, как *изменяется* анодный ток при *изменениях* анодного напряжения, поскольку именно это определяет величину напряжения на резисторе анодной нагрузки.

На графике, показанном на рис. 2, видно, что при напряжении на сетке —4 *в* и анодном напряжении 150 *в* анодный ток равен 4 *ма*. При повышении анодного напряжения до 210 *в* анодный ток возрастает до 7 *ма*. Следовательно, при изменении анодного напряжения на 60 *в* произошло изменение анодного тока на 3 *ма*.

Представляет интерес именно величина, показывающая соотношение между изменениями анодного напряжения и анодного тока, называемое *внутренним сопротивлением лампы:*

$$\text{внутреннее сопротивление} = \frac{\text{изменение анодного напряжения}}{\text{изменение анодного тока}}$$

или

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}.$$

Если ΔI_a выражено в амперах, а ΔU_a — в вольтах, то R_i будет в омах; если же ΔI_a выразить в миллиамперах, а ΔU_a опять в вольтах, то R_i получится в килоомах.

В нашем примере изменение анодного напряжения на 60 *в* сопровождалось изменением анодного тока на 3 *ма*, значит, внутреннее сопротивление лампы

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} = \frac{60}{3} = 20 \text{ ком}.$$

Параметры лампы — крутизна характеристики, коэффициент усиления и внутреннее сопротивление — являются исходными для расчетов аппаратуры, в которой применяют электронные лампы.

Между указанными тремя параметрами триода существует легко запоминаемая зависимость:

$$\frac{\text{крутизна характеристики} \times \text{внутреннее сопротивление}}{\text{коэффициент усиления}} = 1$$

или

$$\frac{SR_i}{\mu} = 1.$$

Усилительное действие лампы всегда тем лучше, чем больше крутизна ее характеристики.

ТЕТРОДЫ И ПЕНТОДЫ [1]

Казалось бы, что когда недостаточно усиление, даваемое одной лампой, то можно применить две, три, пять и более ламп и в конце концов получить нужное усиление. Однако возможность применения многих ламп для последовательного усиления сигнала ограничивается опасностью возникновения собственных колебаний вследствие наличия у лампы междуэлектродных емкостей.

Два любых проводника, помещенных на некотором расстоянии один от другого, обладают определенной взаимной емкостью. Она зависит от размеров проводников и расстояния между ними.

Анод и сетка лампы являются проводниками, находящимися очень близко друг от друга. Поэтому между анодом и сеткой лампы существует емкость, носящая название междуэлектродной (рис. 1).

Емкость способна проводить переменный ток тем лучше, чем больше ее величина и чем выше частота переменного тока. Поэтому пространство анод — сетка лампы не является для переменного тока непреодолимой преградой. Междуэлектродная емкость как бы «связывает» анодную цепь лампы с ее сеточной цепью (рис. 2). Переменные напряжения, действующие в анодной цепи, через междуэлектродную емкость воздействуют на сеточную цепь и создают в ней некоторое напряжение, которое вновь воздействует на анодный ток. Это явление носит название *обратной связи.*

Обратная связь широко используется в радиотехнике. Но она полезна только там, где это нужно. Если же обратная связь возникает самопроиз-

[1] По разным источникам.

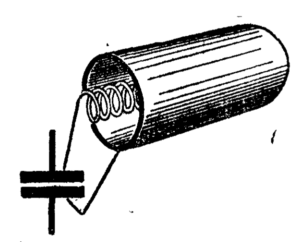


Рис. 1. Анод и сетка образуют конденсатор.

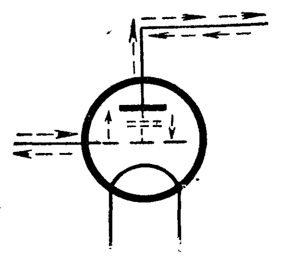


Рис. 2. Анодная и сеточная цепи лампы связаны для переменных токов через междуэлектродную емкость.

вольно, то она может вызвать появление генерации колебаний, которая приводит к искажению сигналов. Такая самопроизвольно возникшая неконтролируемая обратная связь называется *паразитной*.

Междуэлектродные емкости трехэлектродных ламп способствуют возникновению паразитных обратных связей. При усилении колебаний низких частот действие их незаметно, но на высоких частотах при большом усилении паразитные обратные связи приводят к возникновению собственных колебаний. Поэтому междуэлектродные емкости делают невозможным получение больших усилений. Для усилителей высокой частоты с большим усилением нужны лампы, в которых междуэлектродная емкость значительно меньшая.

Тетрод. Задача эта была решена. В пространство между управляющей сеткой лампы и ее анодом была введена дополнительная сетка, которая соединяется через конденсатор с катодом лампы. Величина междуэлектродной емкости при этом снижается в сотни и даже в тысячи раз. В качестве примера можно указать, что величина емкости анод — сетка триодов составляет не менее 2—3 *пф*, а в лампах с дополнительной сеткой она снижается до 0,01 *пф*.

Дополнительная сетка, введенная в пространство между анодом и основной сеткой лампы, получила название *экранирующей* (экранной), а лампа с такой сеткой — *экранированной* (рис. 3). Основную сетку лампы в отличие от экранирующей называют *управляющей*, так как к ней подводится напряжение приходящего сигнала и она управляет анодным током.

Экранированная лампа состоит, таким образом, из четырех электродов: катода, управляющей сетки, экранирующей сетки и анода; поэтому она получила название *четырехэлектродной лампы*, или *тетрода* (от греческого слова «тетра» — четыре).

Экранирующая сетка не только уменьшает паразитную емкость, но и увеличивает коэффициент усиления лампы. Если у триодов он не превышает 100, то у экранированных ламп он измеряется многими сотнями. Все это приводит к тому, что экранированная лампа может дать значительно большее усиление по сравнению с триодом и позволяет строить усилители с большим общим усилением.

Однако у экранированных ламп есть один очень крупный недостаток — склонность к так называемому *динатронному эффекту*.

Читатель знает, что электроны в пространстве между катодом и анодом несутся с очень большой скоростью. В результате электронной «бомбардировки» анода из его поверхности выбиваются электроны, получившие название *вторичных* в отличие от *первичных* электронов, создаваемых катодом (рис. 4). Вторичные электроны, выбитые из анода, приобретают известную скорость и вследствие этого могут отлетать на некоторое расстояние от анода.

Находясь в пространстве между анодом и экранирующей сеткой, электрон будет испытывать притяжение к тому из этих электродов, напряжение которого выше. Поэтому если напряжение на экранирующей сетке будет выше, чем напряжение на аноде, то вторичные электроны будут притягиваться экранирующей сеткой. Но летящие электроны представляют собой электрический ток. Если выбитые из анода вторичные электроны летят к экранирую-

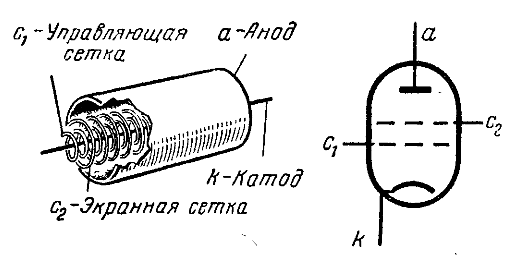


Рис. 3. Устройство тетрода и его условное обозначение на схемах.

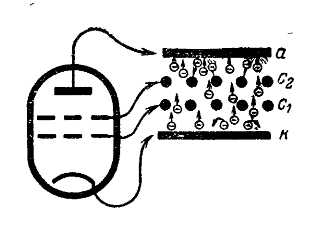


Рис. 4. Электроны, бомбардирующие анод, выбивают из него вторичные электроны.

щей сетке, то в пространстве между анодом и этой сеткой установится ток, направление которого обратно направлению основного анодного тока, вследствие чего величина общего анодного тока уменьшается.

Это явление и называют динатронным эффектом. Оно приводит к сильным искажениям и значительно ограничивает возможность использования усилительных свойств лампы.

Динатронный эффект, как указывалось, возникает тогда, когда напряжение на аноде ниже напряжения на экранирующей сетке. При работе лампы это может иметь место. Хотя на экранирующую сетку обычно подается несколько меньшее постоянное напряжение, чем на анод, мгновенное значение напряжения на аноде в некоторые моменты работы лампы может оказаться ниже, чем напряжение на экранной сетке. В самом деле, переменное напряжение на управляющей сетке вызывает на резисторе в анодной цепи лампы значительно большее переменное напряжение. Это переменное напряжение во время своего отрицательного полупериода уменьшает величину анодного напряжения. Поэтому при сильных колебаниях напряжение на аноде в некоторой части периода может оказаться ниже напряжения на экранирующей сетке, что приводит к возникновению динатронного эффекта. Экранированные лампы могут хорошо работать при условии, что к их управляющим сеткам подводятся небольшие напряжения.

Пентод. Способ устранения неприятных последствий динатронного эффекта очевиден: надо не пускать вторичные электроны приближаться к экранирующей сетке. Осуществить это можно введением в лампу еще одной — третьей по счету — сетки.

Третья сетка располагается между анодом и экранирующей сеткой и соединяется с катодом. Поскольку отрицательный полюс источника анодного напряжения соединен с катодом, третья сетка оказывается заряженной отрицательно относительно анода. Поэтому выбитые из анода вторичные электроны будут отталкиваться этой сеткой обратно к аноду. В то же время, будучи достаточно редкой, эта сетка не препятствует электронам основного анодного тока лететь к аноду.

Третья сетка защищает лампу от возникновения динатронного эффекта и поэтому называется *защитной*. Иногда ее называют *пентодной* сеткой. Происхождение этого названия следующее. Лампы с тремя сетками имеют всего пять электродов (катод, анод и три сетки); такие лампы называют пентодами (от греческого слова «пента» — пять (рис. 5).

Соединение защитной сетки с катодом часто производится внутри лампы, и эта сетка, таким образом, не имеет самостоятельного вывода из баллона. В лампах некоторых типов защитная сетка имеет вывод наружу и ее

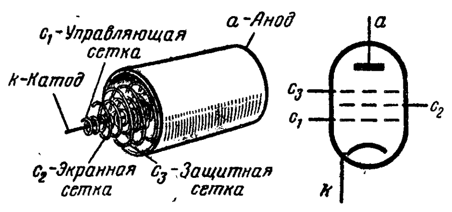


Рис. 5. Устройство пентода и его условное обозначение на схемах.

соединение с катодом осуществляется вне баллона путем соединения соответствующих гнезд ламповой панельки.

Защитная сетка, находясь между управляющей сеткой и анодом, как и экранирующая сетка, способствует еще большему уменьшению емкости между этими электродами. Защитная сетка, как и экранирующая, ослабляет действие анода на поток электронов по сравнению с действием управляющей сетки, поэтому коэффициент усиления пентодов больше, чем коэффициент усиления тетродов.

У современных высокочастотных пентодов коэффициент усиления доходит до нескольких тысяч, а емкость управляющая сетка — анод измеряется тысячными долями пикофарады.

Благодаря большому коэффициенту усиления и малой междуэлектродной емкости пентод является прекрасной лампой для усиления колебаний высокой частоты. Но пентоды с большим успехом применяются и для усиления низкой (звуковой) частоты, в частности в оконечных каскадах.

Конструктивно низкочастотные пентоды несколько отличаются от высокочастотных. Для усиления низкой частоты не нужны слишком большие коэффициенты усиления, но зато необходимо иметь большой прямолинейный участок характеристики, потому что усиливать приходится большие напряжения. Для этого у низкочастотных пентодов делают сравнительно редкие экранирующие сетки. При этом коэффициент усиления не получается очень большим (в десятки раз меньше, чем у высокочастотных пентодов), а вся характеристика сдвигается влево, поэтому больший ее участок становится пригодным для использования.

Низкочастотные пентоды в оконечных каскадах должны отдавать большую мощность, для этого требуются большие колебания анодного тока. Поэтому катод низкочастотного пентода должен давать большую эмиссию, для чего его поверхность приходится увеличивать. Увеличивать приходится и аноды. При большом анодном токе аноды подвергаются сильной электронной бомбардировке, что приводит к их значительнму нагреванию, так как на аноде выделяется или, как говорят, рассеивается большая мощность. Эта мощность тем больше, чем больше электронов в потоке и чем выше их скорость, т. е. иначе говоря, чем больше анодный ток и выше анодное напряжение. Тонкие, небольшие по размерам аноды при сильном анодном токе могут раскалиться и даже расплавиться. Чтобы этого не произошло, аноды низкочастотных ламп делают большими и массивными; их часто чернят, так как черные тела лучше излучают тепло и, следовательно, лучше самоохлаждаются; к анодам приваривают специальные охлаждающие ребра.

Лучевые тетроды. Удается конструировать мощные низкочастотные лампы и без защитных сеток. Витки экранирующих сеток в таких тетродах располагают точно за витками управляющих сеток. При подобном устройстве сеток электроны, летящие к аноду, будут в гораздо меньших количествах попадать на витки экранирующей сетки, заслоненной витками управляющей сетки. Электронный поток при этом рассекается на отдельные пучки или лучи. Формированию лучей способствуют специальные пластины — экраны, соединенные с катодом и ограничивающие электронный поток с боков. Расслаивание электронного потока в таких тетродах на отдельные лучи и дало основание назвать их лучевыми тетродами. При такой конструкции лампы удается устранить динатронный эффект, относя анод на точно рассчитанное расстояние от катода и других сеток. Благодаря этому выбитые из анода вторичные электроны не могут долететь до экранирующей сетки и притягиваются обратно анодом, не нарушая работы лампы.

У лучевых ламп удается создать очень выгодную форму характеристики, позволяющую получить большую выходную мощность при небольшом напряжении сигнала на сетке.

Высокочастотные и низкочастотные пентоды, а также лучевые тетроды чрезвычайно широко распространены. Наиболее известными высокочастотными пентодами являются: 1К1П, 1К2П, 6К4П; из низкочастотных пентодов — 6П9, 6П14П, а из лучевых тетродов — 2П1П, 2П2П, 6П3С, 6П6С, 6П1П.

КОНСТРУКЦИИ РАДИОЛАМП[1]

Для аппаратуры малой мощности, такой как радиоприемник, лампы стараются делать возможно меньшего размера. Их часто называют *приемно-усилительными лампами*. В мощной аппаратуре радиоузлов и в радиопередатчиках применяют лампы значительно больших размеров, развивающие в анодной цепи гораздо большую мощность.

За время существования радиоламп их конструкции претерпели серьезные изменения. Первые образцы приемно-усилительных ламп отличались довольно значительными размерами и потребляли очень большой ток накала. По мере совершенствования конструкции и технологии производства размеры ламп уменьшались, лампы становились более прочными, экономичными, их качество улучшалось. Приемно-усилительные лампы наших дней очень мало похожи на первые радиолампы, хотя основные принципы их работы не изменились.



Рис. 1.

Каждая лампа имеет *баллон*, внутри которого находятся электроды, имеющие выводы наружу для подключения питания и соединения со схемой (рис. 1).

Баллоны ламп делают из стекла. Электроды крепят при помощи металлических стоек к стеклянной ножке в нижней части баллона. Кроме того, вверху они поддерживаются обычно при помощи слюдяных изолирующих шайб, упирающихся своими краями в стенки баллона. Это обеспечивает весьма прочное и жесткое крепление электродов и невозможность их вибрации и смещения относительно друг друга при тряске и ударах. Такая жесткость конструкции является непременным условием хорошего качества ламп, так как от взаимного расположения электродов и от расстояния между ними зависят параметры лампы.

От каждого электрода наружу делается вывод. Обычно для выводов используют металлические стойки, крепящие электроды. Выводы проходят сквозь и завариваются в нем так, чтобы проникновение воздуха внутрь баллона было невозможно.

Современные приемно-усилительные лампы выпускаются почти исключительно пальчикового типа (рис. 2). Внутренняя арматура и выводы всех

[1] Левитин Е. А. Электронные лампы. Госэнергоиздат, 1960 (Массовая радиобиблиотека).

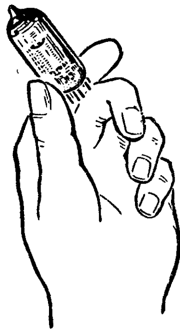


Рис. 2.

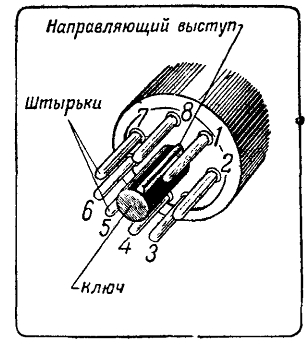


Рис. 3.

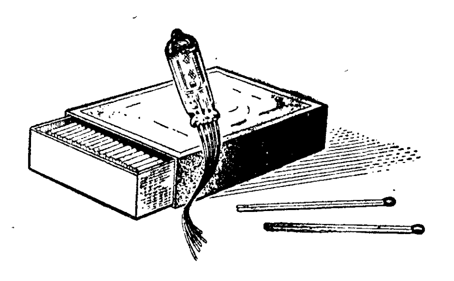


Рис. 4.

электродов укреплены непосредственно на плоском стеклянном дне лампы и выходят наружу в виде тонких, но прочных штырьков, расположенных несимметрично.

Штырьки вставляют в гнезда *ламповой панельки* (рис. 2), к которым подводятся соответствующие провода. Лампы других типов имеют цоколи из изоляционных материалов с металлическими штырьками. К каждому из штырьков присоединяется вывод одного из электродов лампы.

Для того чтобы обеспечить правильность вставления штырьков лампы в панельку, применяют два способа. Первый из них состоит в несимметричном расположении штырьков. Второй способ состоит в устройстве на цоколе *направляющего ключа* из пластмассы (рис. 3). Ключ цоколя устанавливают в отверстие панельки и лампу вращают рукой до тех пор, пока выступ ключа не совпадает с пазом в панельке, после чего штырьки ламп легко входят в свои гнезда.

Электроды ламп одного и того же типа всегда совершенно одинаково соединяются со штырьками. Порядок соединения электродов лампы со штырьками называют *цоколевкой*. В описаниях ламп указывается их цоколевка. По установившемуся обычаю цоколевка на чертежах показывается так, как она выглядит, если смотреть на лампу снизу.

Существуют сверхминиатюрные лампы, которые в несколько раз меньше пальчиковых (рис. 4). Их диаметр не превышает толщину карандаша. У такой лампы выводы осуществляются мягкими проводниками, которые припаиваются к соответствующим точкам схемы аппаратуры. Применение сверхминиатюрных ламп дает возможность строить чрезвычайно компактную и легкую радиоаппаратуру.

Полную противоположность миниатюрным лампам представляют мощные лампы, применяемые на крупных радиоузлах и на радиопередающих станциях. Катоды этих ламп должны обеспечивать чрезвычайно большую эмиссию, измеряемую многими амперами. На их анодах рассеивается мощность до десятков киловатт. Все это приводит к тому, что размеры ламп доходят чуть ли не до человеческого роста. Огромное количество выделяющегося на анодах тепла приводит к необходимости вводить искусственное охлаждение ламп, и поэтому во всем мире в мощных радиопередатчиках применяются лампы с медными анодами и водяным охлаждением, изобретенные в 1923 г. М. А. Бонч-Бруевичем.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП [1]

Ниже приведены условные обозначения электронных приемно-усилительных ламп, изготовляемых в Советском Союзе. Эти обозначения состоят в большинстве случаев из букв и чисел.

Первый элемент — цифра — округленно указывает напряжение накала. Например, напряжение накала ламп, название которых начинается с цифры 1, составляет 1,2 *в*, а лампы, первая цифра в названии которых 6, имеют напряжение накала 6,3 *в*.

Второй элемент в наименовании лампы — буква, характеризующая тип лампы:

А — гептод;

Б — пентод с одним или двумя диодами;

Д — диод (детекторный);

[1] По разным источникам.

Х — двойной диод (детекторный);

Ц — кенотрон (диод или двойной диод, предназначенный для выпрямителей);

С — триод;

Э — тетрод;

К — пентод с удлиненной характеристикой;

Ж — пентод с короткой характеристикой;

П — выходной пентод или лучевой тетрод;

Е — электронно-световой индикатор настройки;

Г — триод с одним или двумя диодами;

Н — двойной триод;

Ф — триод-пентод;

И — триод-гексод или триод-гептод.

Третий элемент — цифра, обозначающая порядковый номер типа прибора, позволяет различать разные типы ламп с одинаковым количеством электродов. Например, лампы 6Н2П, 6Н3П, 6Н14П — все это различные типы двойных триодов.

Последняя буква (четвертый элемент) в названии лампы характеризует ее конструктивное выполнение.

П — пальчиковая, т. е. цельностеклянная лампа со штырьками, выходящими непосредственно из стеклянного дна;

С — лампа в стеклянном баллоне с восьмиштырьковым цоколем;

Ж — лампа типа «желудь»;

Б — сверхминиатюрная лампа при диаметре баллона 10 *мм*;

А — то же при диаметре баллона 6 *мм*.

Приведем еще примеры условных обозначений:

6П14П — пентод выходной с напряжением накала 6,3 *в*, пальчиковый;

6С3Б — триод с напряжением накала 6,3 *в*, сверхминиатюрный в баллоне диаметром 10 *мм*;

1А1П — частотно-преобразовательная лампа с двумя управляющими сетками, напряжение накала 1,2 *в*, первый тип, пальчиковая.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЛАМП[1]

Начинающим изучать радиотехнику иногда трудно выработать четкое представление о режимах работы лампы в усилителях. Что такое режим AB_2 и чем он отличается от режима B_2? Какой режим усиления наиболее выгоден в выходных каскадах? А в каскадах предварительного усиления — в усилителях напряжения?

Отчего возникают нелинейные искажения и в каком режиме они будут наименьшими? Что такое отсечка тока?

На эти и другие вопросы, относящиеся к затрагиваемой теме, в упрощенном виде отвечают помещаемые ниже рисунки с подписями. Они помогут запомнить то, что очень часто забывается вскоре после прохождения материала в радиокружках и при самостоятельном ознакомлении с радиотехникой.

Анодно-сеточная характеристика лампы, как мы уже знаем[2], выражает зависимость анодного тока $I_а$ от напряжения на сетке $U_с$ при неизменном постоянном напряжении $U_а$ на аноде. Имея такую характеристику (рис. 1), можно определить, чему равен анодный ток при любом напряжении на сетке; при $U_с = 0$, например, $I_а=I_{а0}=8{,}6$ *ма*. Для меньших анодных напряжений характеристика располагается правее, а для больших — левее характеристики, обозначенной на рис. 1 сплошной жирной линией.

Сделаем отрицательное напряжение на сетке настолько большим, чтобы сетка отталкивала от себя все электроны обратно к катоду, совершенно не пропуская их к аноду. Поток электронов обрывается, анодный ток делается

---

[1] Бажанов С. А. Как работает радиолампа. (Новая редакция.) Госэнергоиздат, 1947 (Массовая радиобиблиотека).

[2] См. раздел «Триоды» на стр. 108.

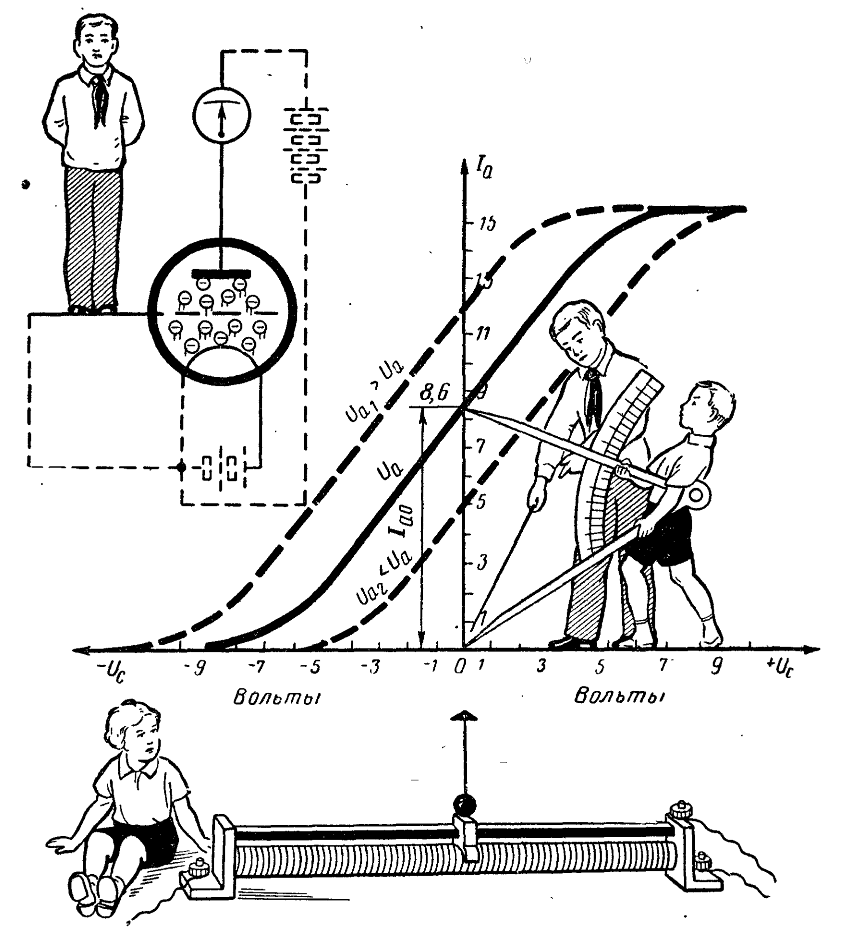


Рис. 1. Отсчет анодного тока по характеристике лампы.

равным нулю. Лампа «запирается» (рис. 2). Напряжение на сетке, при котором происходит «запирание» лампы, называется *напряжением запирания* (обозначено $U_{\text{с. зап}}$).

Для взятой нами характеристики $U_{\text{с. зап}} = -9$ *в*. «Отпереть» лампу можно уменьшением отрицательного напряжения на сетке или же увеличением анодного напряжения.

Установив постоянное напряжение на аноде, можно менять анодный ток $I_{\text{а}}$ от нуля ($I_{\text{а}} = 0$) до насыщения ($I_{\text{а}} = I_{\text{нас}}$) изменением напряжения на сетке в пределах от $U_{\text{с. зап}}$ до $U_{\text{с. нас}}$ (рис. 3). Воздействие сеточного напряжения на поток электронов исключительно удобная возможность управления величиной анодного тока, в особенности если учесть, что это воздействие осуществляется почти мгновенно, с очень малой инерцией.

Будем непрерывно менять напряжение на сетке, делая его то положительным, то отрицательным. С этой целью подведем к сетке переменное напряжение с амплитудой $U_{m\,\text{с1}}$, называемое *напряжением возбуждения лампы*. График этого напряжения (синусоида) нанесен на оси времени, идущей вниз от нуля (рис. 4). Анодный ток будет *пульсировать* — периоди-

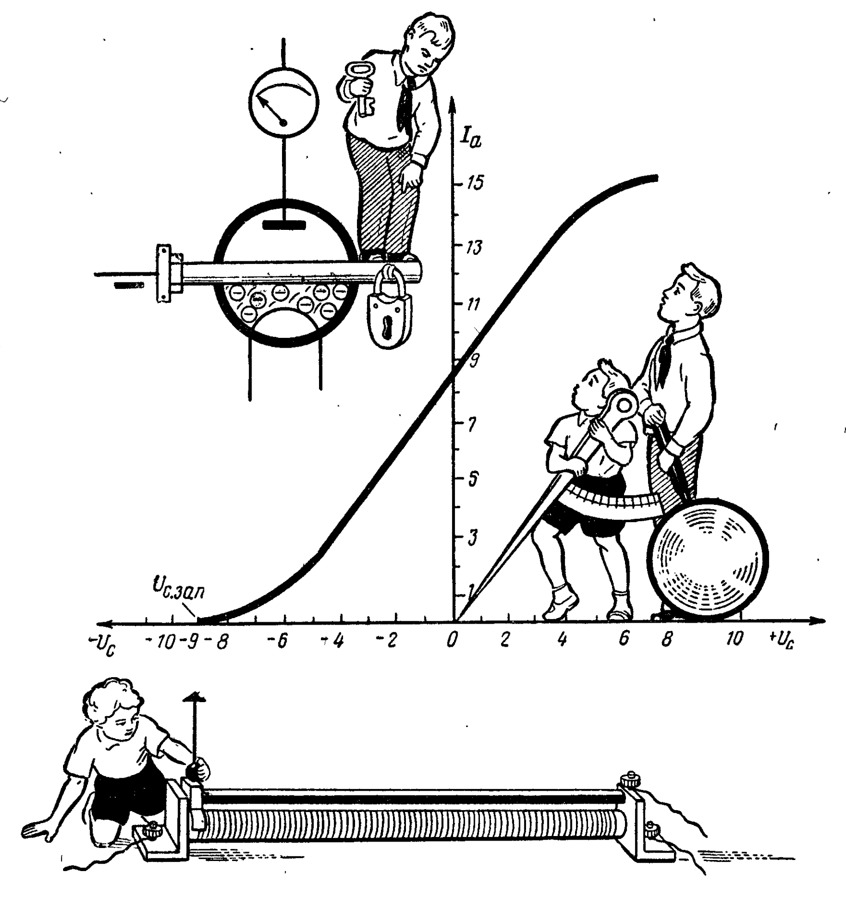


Рис. 2. Лампа «заперта».

чески увеличиваться и уменьшаться — с частотой, равной частоте изменения напряжения возбуждения. График пульсации анодного тока, повторяющий по своей форме график напряжения возбуждения, нанесен вдоль горизонтальной оси времени t вправо от характеристики. Чем больше величина $U_{m\,c}$, тем в больших пределах изменяется анодный ток (сравните на рис. 4 U_{mc1} и I_{ma1} с U_{mc2} и I_{ma2}). Точка a на характеристике, соответствующая среднему (нулевому) значению напряжения на сетке и величине тока покоя в анодной цепи, называется *рабочей точкой*.

Что произойдет, если в анодную цепь лампы (рис. 5) включить резистор R_a? Через него будет проходить анодный ток I_a, вследствие чего на нем получится падение напряжения U_{Ra}, пульсирующее с частотой напряжения возбуждения и повторяющее все изменения тока. Пульсирующее напряжение состоит из двух составляющих: постоянного напряжения $U_{R=}$ и переменного напряжения $U_{R\sim}$ с амплитудой U_{ma}. При правильно выбранном сопротивлении резистора R_a амплитуда переменной составляющей напряжения U_{ma} оказывается больше U_{mc}, т. е. осуществляется усиление переменного напряжения. Отношение U_{ma} к U_{mc} называется *коэффициентом усиления каскада*.

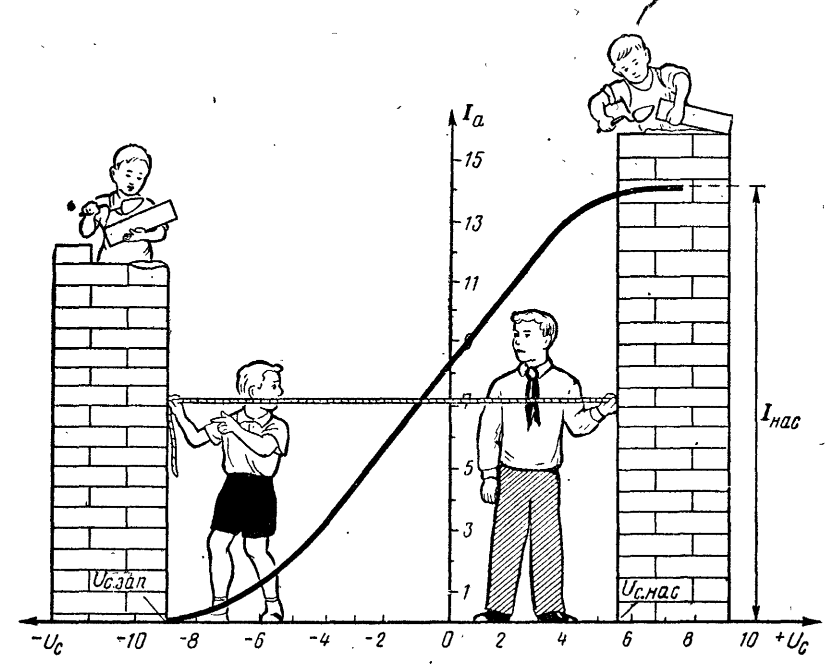


Рис. 3. Пределы изменений анодного тока при заданном напряжении на аноде.

Если усиление, даваемое одной лампой, недостаточно, то усиленное первой лампой напряжение подают ко второй лампе, а от второй — к третьей и т. д. Так осуществляется усиление каскадами. На рис. 6 приведена упрощенная схема трехлампового усилителя.

На рис. 7 показана такая же характеристика лампы, как и на рис. 4, только без верхнего и нижнего плавных изгибов. Это идеализированная характеристика. Сравните рис. 4 и 7 и Вы увидите, к чему приводит наличие изгибов на реальной характеристике. Они вызывают в анодной цепи искажения формы кривой усиленных колебаний, а эти искажения недопустимы, в особенности когда они большие. Громкоговоритель, присоединенный к усилителю, работающему с искажениями, воспроизводит хриплые звуки, речь становится неразборчивой, пение — неестественным и т. п. Такие искажения, обусловленные криволинейностью, или, как принято говорить, нелинейностью ламповой характеристики, называют *нелинейными*. Их не будет, если характеристика строго линейна: здесь график колебаний анодного тока в точности повторяет график колебаний напряжения на сетке.

Характеристики большинства усилительных ламп в своей средней части прямолинейны. Напрашивается вывод использовать не всю характеристику лампы вместе с изгибами, а только ее прямолинейный средний участок (рис. 8). Это избавит усиление от нелинейных искажений. Чтобы это осуществить, напряжение на сетке не должно превышать в сторону отрицательных значений $-U_{c1}$, а в сторону положительных значений $+U_{c2}$. Величина анодного тока при этом будет меняться в суженных пределах не от $I_a = 0$ до $I_a = I_{нас}$ (рис. 3), а от I_{a1} до I_{a2} (рис. 8). В этих пределах ламповая характеристика почти совершенно прямолинейна, искажений почти нет, но зато лампа использована не до пределов своих возможностей, ее к. п. д. окажется низким. В тех случаях, когда необходимо получить неискаженное усиление, с этим обстоятельством приходится мириться.

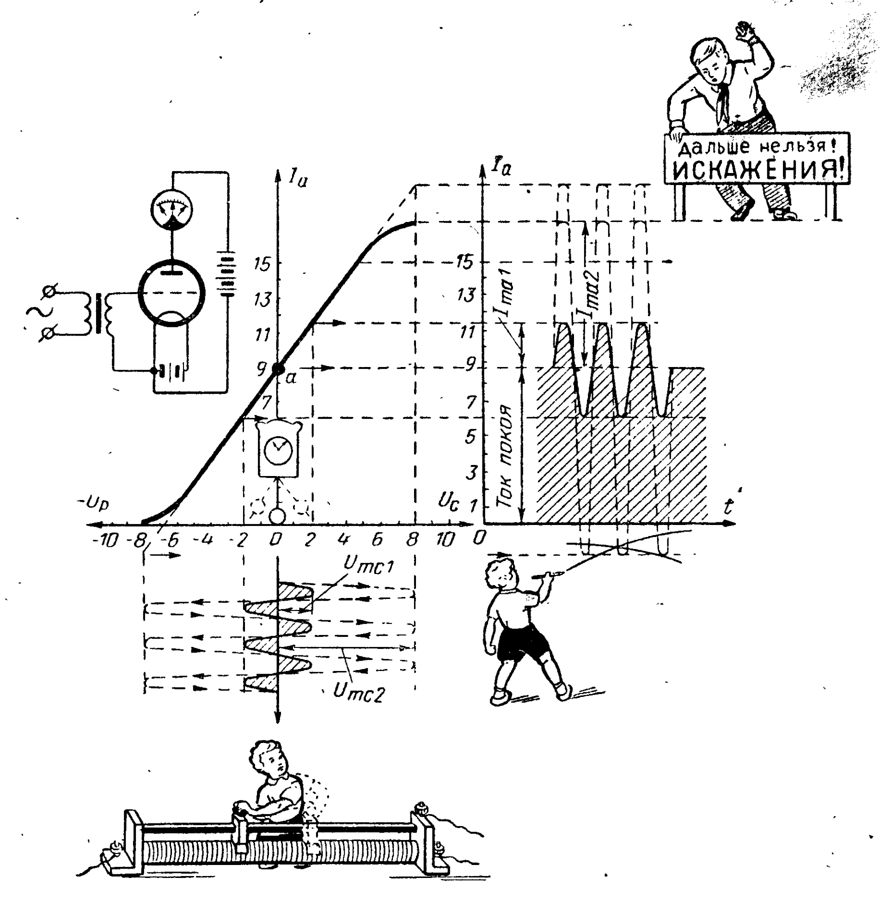


Рис. 4. Переменное напряжение на сетке создает пульсации анодного тока.

К сожалению, указанной выше причиной нелинейных искажений дело не ограничивается. В моменты, когда сетка заряжена положительно, она притягивает к себе электроны, отнимая некоторое их количество от общего потока, направленного к аноду. Благодаря этому в цепи сетки возникает сеточный ток. Этот ток, проходя через внутреннее сопротивление того источника переменного напряжения, которое подается на сетку, создает на этом сопротивлении падение напряжения.

Вследствие этого напряжение на зажимах источника, а значит и на сетке лампы, уменьшается. Такое уменьшение получается тем более резко выраженным, чем больше положительное напряжение на сетке. В результате при положительных импульсах сеточного напряжения импульсы анодного тока будут уменьшенными, т. е. опять появятся искажения формы анодного тока. Избавиться от этих искажений можно: в процессе усиления напряжение на сетке никогда не должно быть положительным, и даже лучше, если оно вообще немного не доходит до нуля (рис. 9). Тогда сеточного тока совершенно не будет. Это требование ведет к еще большему сокращению длины используемой части характеристики: правее линии *ВГ* — токи сетки, левее линии *АБ* — изгиб характеристики. Остается только небольшой участок характеристики,

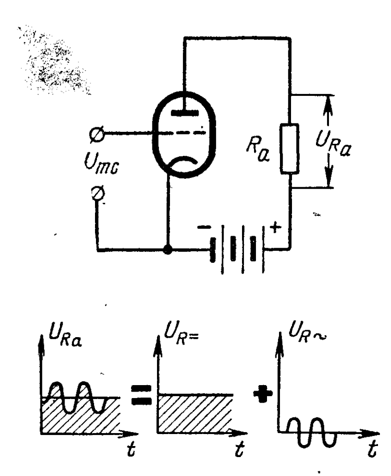


Рис. 5. Одноламповая схема усиления.

при использовании которого можно полностью избавиться от искажений в лампе; к. п. д. при этом становится еще меньше.

Но как использовать этот участок? Если к сетке подвести лишь напряжение с амплитудой U_{mc}, как на рис. 5 и 7, то неизбежен заход в правую область, в область сеточных токов. Подведем к сетке постоянное отрицательное напряжение U_{c0} такой величины, чтобы рабочая точка сместилась влево по характеристике и оказалась как раз посредине участка *МН* (рис. 10). Затем подадим на сетку переменное напряжение с амплитудой U_{mc}. Заход в правую область будет устранен, если величина U_{mc} не превысит U_{c0}. Работая при таких условиях, лампа не будет вносить искажений. Этот режим работы лампы получил название *режима А*. Батарея, напряжение которой смещает по характеристике рабочую точку, называется *батареей смещения*, а ее напряжение U_{c0} — напряжением смещения.

Среди других режимов низкочастотного усиления режим *А* самый неэкономичный: при нем только в отдельных случаях к. п. д. достигает 30—35%, а вообще он бывает 15—20%. Но этот режим — самый «чистый» режим, с наименьшими искажениями. Его применяют главным образом при сетевом питании в маломощных усилительных каскадах (до 2—3 *вт*). Пренебрегая внесением незначительных нелинейных искажений, не обнаруживаемых при прослушивании звуковой программы, можно включить и нижний изгиб в рабочий участок *МН* характеристики (рис. 11). Такой режим лампы еще сохраняет название режима *А*.

В учебниках встречается такое определение усиления режима *А*: это режим, при котором лампа работает без отсечки анодного тока. На рис. 12 показано, что такое *отсечка*. Амплитуда напряжения возбуждения U_{mc}

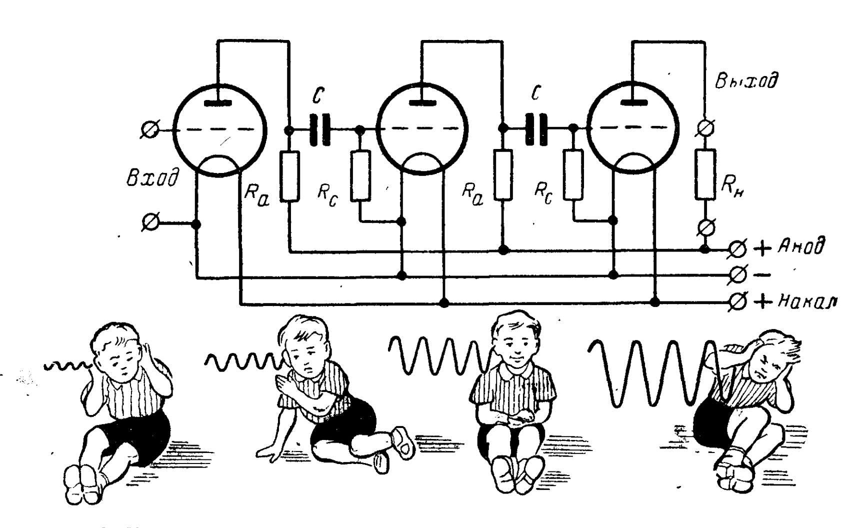


Рис. 6. Упрощенная схема трехлампового усилителя с емкостными междукаскадными связями.

Рис. 7. Характеристика лампы, работающей без искажений.

настолько велика, что в течение некоторой части периода изменения этого напряжения лампа «запирается» — ток через лампу прекращается. Нижние части синусоиды пульсаций анодного тока не воспроизводятся и как бы отсекаются — отсюда и название «отсечка». Отсечка может быть не только снизу, но и сверху («верхняя отсечка», см. рис. 17), когда наибольшее значение анодного тока должно было бы превысить ток насыщения лампы.

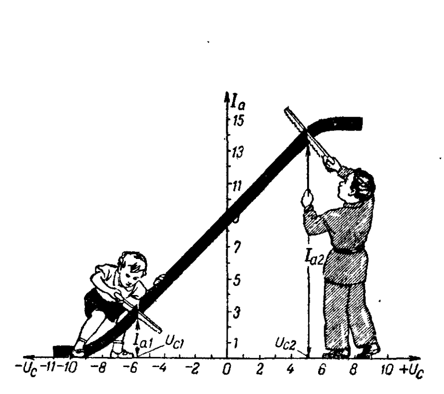


Рис. 8. Как устранить искажения, возникающие вследствие наличия изгибов характеристики.

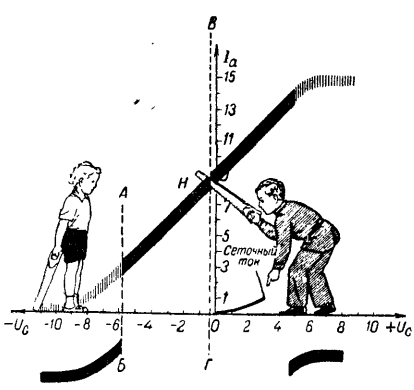


Рис. 9. Как устранить искажения, вносимые сеточным током.

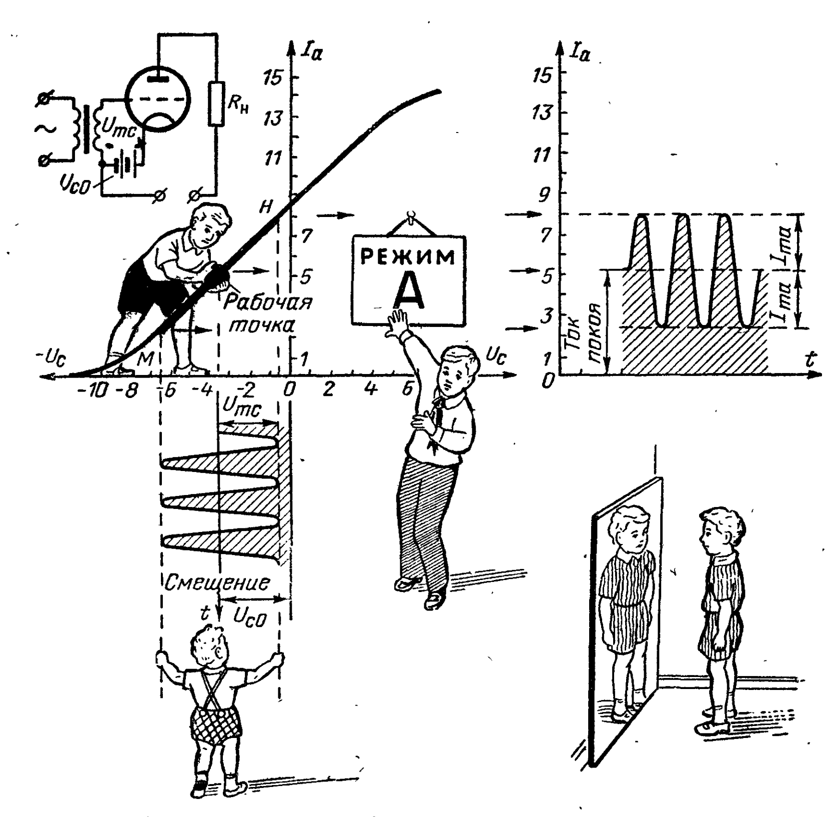


Рис. 10. Работа лампы в режиме *А*.

Широкое распространение получила двухтактная схема усилителя, работающего в режиме *А*. В этой схеме использованы две одинаковые лампы. Напряжение возбуждения подается так, что когда одна сетка заряжается положительно, другая заряжается отрицательно. Благодаря этому возрастание анодного тока одной лампы сопровождается одновременным уменьшением тока другой лампы. Это гораздо легче представить себе, если одну характеристику расположить в перевернутом виде под другой: сразу становится понятным, как напряжение («раскачка») действует на токи в лампах (рис. 13). В результате переменные напряжения, возникающие на двух половинках первичной обмотки трансформатора, включенных в анодные цепи ламп, складываются и на всей обмотке получается результирующее переменное напряжение удвоенной величины, т. е. $U_{ma} = U_{ma_1} + U_{ma_2}$.

Двухтактная схема работает с меньшими нелинейными искажениями, чем однотактная.

Рассмотрим теперь такой случай: на сетку лампы подано напряжение смещения $U_{c0} = U_{c.зап}$. Тем самым рабочая точка смещена на самый низ характеристики. Лампа «заперта», ее анодный ток равен нулю. Если к лампе подвести напряжение возбуждения с амплитудой U_{mc}, то в анодной цепи появятся импульсы тока в виде «половинок периодов» с максимальным значением $I_{а.\,макс}$. Иначе говоря, кривая усиливаемых колебаний исказится до неузнаваемости: срежется вся ее нижняя половина (рис. 14). Такой режим может показаться совершенно непригодным для низкочастотного усиления:

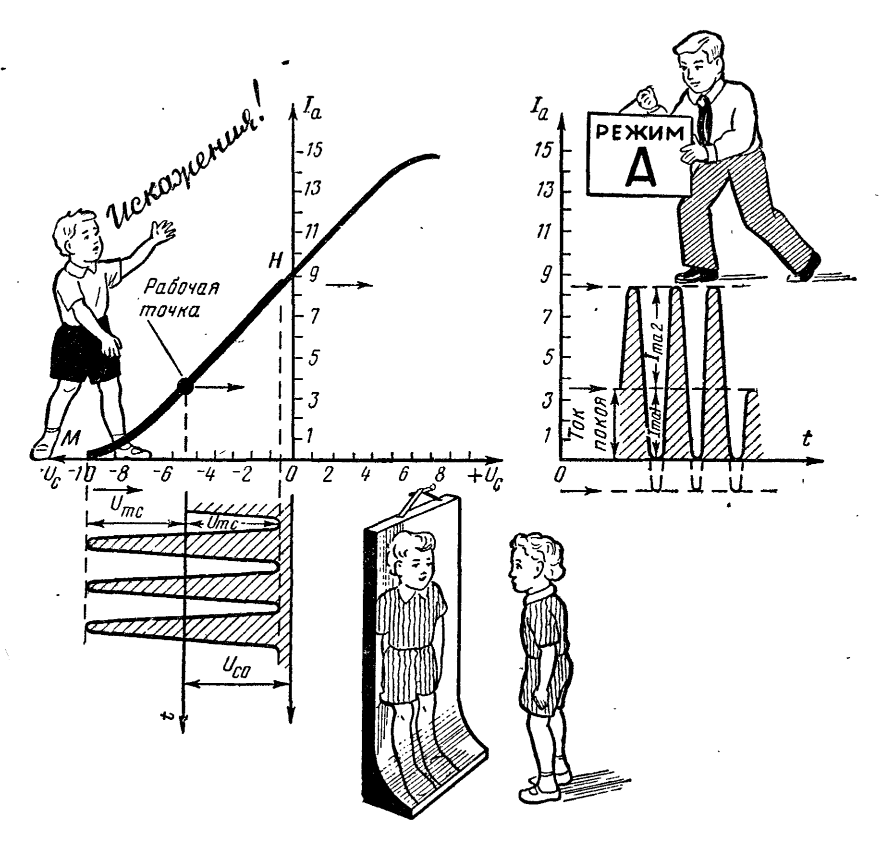


Рис. 11. Работа лампы в режиме *A* с использованием нижнего изгиба характеристики.

слишком уж велики искажения. Но подождем делать вывод о его непригодности.

Возьмем не одну лампу, а две и заставим их работать попеременно: одну — от одного полупериода напряжения возбуждения, а другую — от другого, следующего за первым. Каждая лампа в отдельности будет воспроизводить свою половину кривой, а совместным их действием будет воспроизведена полностью вся кривая. Но как для этого соединить лампы?

По двухтактной схеме, изображенной на рис. 13, только на сетку каждой из ламп в этой схеме придется подать напряжение смещения $U_{c0} = U_{с. зап}$. Пока напряжение возбуждения не подается, обе лампы «заперты» и их анодные токи равны нулю. Но вот подано напряжение возбуждения, и лампы поочередно начинают «отпираться» и «запираться», работая импульсами, толчками (см. левую часть рис. 15). Такой режим усиления, применяемый только для двухтактных схем, получил название режима *B*.

Если характеристики ламп совершенно прямолинейны, лампы в точности одинаковы и отсечки у каждой из них выбраны правильно, то искажений не будет. Но в реальном режиме *B* неизбежны нелинейные искажения из-за нижних изгибов характеристик. Это заставляет во многих случаях отказы-

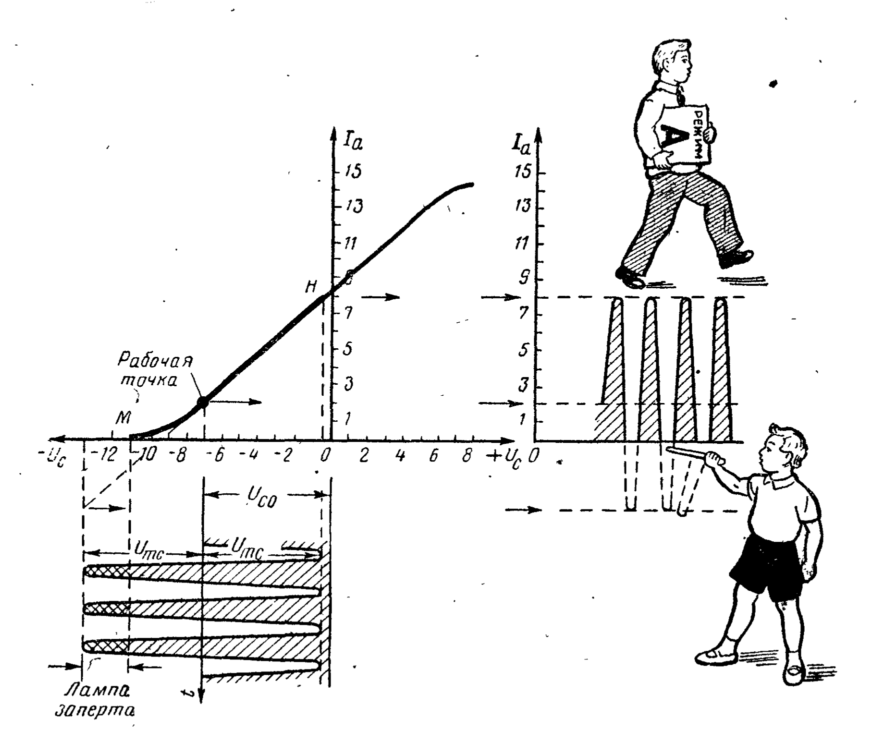


Рис. 12. Лампа работает с отсечкой анодного тока.

ваться от использования режима *B*, вообще наиболее экономичного из всех режимов низкочастотного усиления.

Какой же режим может быть рекомендован для усилителей низкой частоты?

Режим *A*, как мы теперь знаем, малоэкономичен, и его применение в мощных усилителях не всегда оправдывается. Он хорош только для маломощных каскадов. Случаи использования режима *B* также ограничены.

Но есть режим, занимающий промежуточное положение между режимами *A* и *B*, — это *режим AB*.

Если в процессе усиления получается заход в область сеточных токов, то к обозначению режима прибавляется индекс 2, если же работа производится без токов сетки — индекс 1. Так различают режимы B_1, B_2, AB_1 и AB_2. В режимах AB_1 и AB_2, как и в режимах B_1 и B_2, лампы работают с отсечкой анодного тока, но рабочая точка на характеристике находится правее и выше, чем в режиме *B**. В моменты пауз токи через лампы не прекращаются, хотя они и невелики (I_{a1} и I_{a2}). Положение рабочей точки *PT* (рис. 16) определяется таким условием: результирующая характеристика *АБВГ* ламп, работающих в двухтактной схеме (для однотактных схем режим *AB* вообще непригоден), должна быть как можно прямолинейнее. В то же время токи I_{a1} и I_{a2} желательно иметь малыми, поскольку их величина в значительной степени определяет к. п. д. Этим условиям удовлетворяет положение рабочей точки *PT*,

* В режимах *AB* отсечка имеет место при больших амплитудах возбуждения; при слабых сигналах, когда амплитуды напряжения возбуждения малы, лампы работают без отсечки тока. (*Прим. ред.*)

Рис. 13. Как работает двухтактная схема.

Рис. 14. Работа лампы, когда рабочая точка сдвинута к началу характеристики.

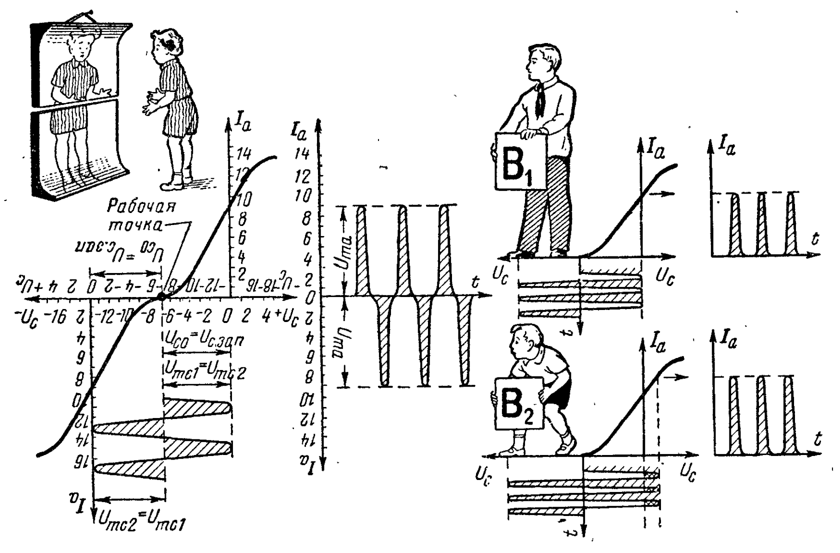


Рис. 15. Работа двухтактной схемы в режимах B_1 и B_2.

Рис. 16. Работа двухтактной схемы в режиме AB_1.

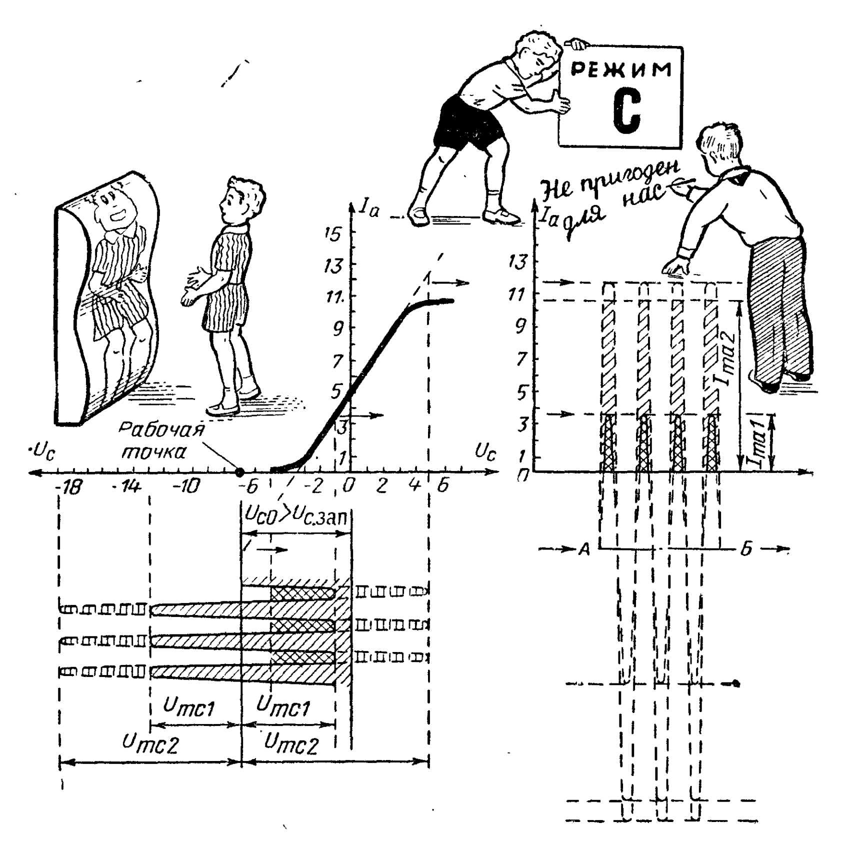


Рис. 17. Работа лампы в режиме *С*.

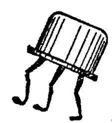
показанное на рис. 16. Режим AB_2 более экономичен, чем режим AB_1 (к. п. д. в режиме AB_2 достигает 65%, тогда как в режиме AB_1 — лишь 50%); он применяется в каскадах большой мощности (более 100 *вт*). В каскадах мощностью до 100 *вт* рекомендуется применять режим AB_1. Искажения в режиме AB_2 заметно больше, чем в режиме AB_1.

Известен еще режим *С*. Он характерен тем, что на сетку лампы подается отрицательное напряжение смещения $U_{c0} > U_{c.\,зап}$. В моменты пауз лампа «заперта»; она «отпирается» только для того, чтобы пропустить кратковременный импульс тока, длящийся менее половины периода. Обычно U_{mc} по абсолютному значению больше U_{c0}, вследствие чего осуществляется заход в область сеточных токов и даже имеет место верхняя отсечка (как показано на рис. 17 для U_{mc2}). Искажения в режиме *С* настолько велики, что этот режим непригоден для низкочастотного усиления. Но он наиболее экономичный из всех режимов вообще (к. п. д. доходит до 75—80%) и поэтому применяется для усиления высокочастотных колебаний в радиопередающих устройствах, где нелинейные искажения не имеют такого значения, как при низкочастотном усилении.

ТРАНЗИСТОР?... ЭТО ОЧЕНЬ ПРОСТО! [1]

Отрывки из бесед молодого преподавателя по радиоэлектронике Любознайкина с его первым учеником — Незнайкиным, который уже успел изучить с помощью Любознайкина основы радиотехники и теперь работает монтажником на заводе, выпускающем радиоприемники.

Трехлапое создание



Незнайкин. — Ну, начнем хотя бы с того, что полупроводник должен иметь сопротивление, во много раз большее, чем у проводника, но значительно меньшее, чем у изоляторов.

Любознайкин. — Правильно, но это слишком общее определение. Чтобы быть более точными, скажем, что у такого полупроводника, как германий (который в основном используется для производства транзисторов), удельное сопротивление в 30 миллионов раз больше, чем у меди, и в миллион миллионов раз меньше, чем у стекла (рис. 1).

Н. — Одним словом, в таблице удельных сопротивлений он стоит ближе к проводникам, чем к изоляторам?

Л. — Да, и именно потому, что германий в некоторой мере проводит ток, из него можно делать «трехлапые создания?».

Н. — Кого ты так называешь?

Л. — Такое название можно дать транзисторам (полупроводниковым триодам), так как они имеют три проволочных вывода.

Н. — Я слышал, что транзистор заменяет электронную лампу. Может ли он выполнять все ее функции и какие преимущества по сравнению с лампой он имеет?

Л. — Ну вот, на меня и обрушился поток вопросов!.. Да, мой дорогой Незнайкин, транзистор, как и электронная лампа, может усиливать и детектировать сигналы; он способен также

[1] Айсберг Е. «Транзистор?... Это очень просто!» Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека).

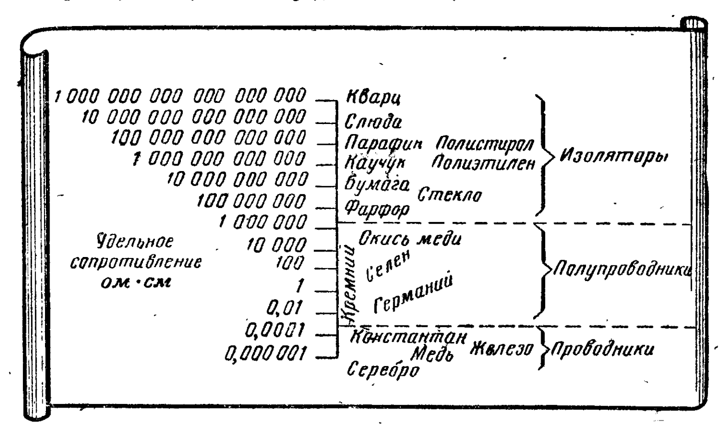
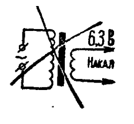


Рис. 1. Удельные сопротивления наиболее распространенных проводниковых, полупроводниковых и изоляционных материалов. Из рисунка видно, что удельное сопротивление полупроводников лежит в очень широких пределах.

генерировать электрические колебания, его можно использовать в качестве преобразователя частоты и во всех других случаях, где до сих пор применялись вакуумные электронные лампы. Что же касается преимуществ, то у транзисторов их много. Начнем хотя бы с *отсутствия накала*.



Н. — Это чудесно! Значит, не нужно больше специального источника для питания накала?

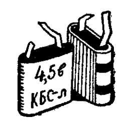
Л. — Нет, не нужно, и поэтому транзисторы начинают работать *немедленно*, как только на них подадут напряжение, тогда как на разогрев ламп уходит несколько десятков секунд, пока их катоды не достигнут температуры, необходимой для нормальной эмиссии электронов.



Н. — Я думаю, что отсутствие накала должно также повысить *коэффициент полезного действия*, так как при использовании ламп значительная часть энергии источника питания теряется в виде теплоты.

Л. — Совершенно верно. Там, где электронная лампа обычно потребляет 2 или 3 *вт*, транзистор удовлетворяется десятками милливатт, т. е. мощностью, в сотни раз меньшей. А вместо 200 *в*, необходимых для приемно-усилительных ламп, транзистору вполне достаточно напряжения до 10 *в*.

Н. — Значит, одна или две обычные батарейки для карманного фонаря вполне удовлетворяют скромный аппетит приемника на транзисторах?



Л. — Да, именно так питаются портативные приемники.

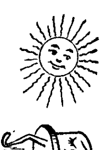
Н. — Можно ли также думать, что транзисторы прочнее и более долговечны, чем электронные лампы, раз у них нет ни обрывающейся нити накала, ни катода, теряющего в конце концов свою эмиссию?

Л. — Правильно. Транзистор отличается прочностью (ведь это кусочек германиевого или кремниевого кристалла, снабженный тремя выводами и помещенный в корпус), малым весом и миниатюрностью.

Н. — Чудесно! Одни преимущества и нет недостатков!

Оборотная сторона медали

Л. — Вот опасность поспешных выводов! К сожалению, транзистор из германия имеет и недостатки. При температуре выше 55° С его к. п. д. довольно быстро падает, а если температуру поднять выше 85° С, то и после охлаждения он потеряет свои первоначальные качества. Кремниевые транзисторы выдерживают более высокие температуры, их не испугаешь температурой и в 150° С.

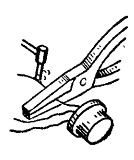


Н. — Я обещаю тебе никогда не прикасаться своим паяльником к транзистору.

Л. — И хорошо сделаешь. Впрочем, при пайке выводов транзистора необходимо перехватить калории, выделяемые жалом паяльника, и не дать им достичь активного элемента транзистора.

Н. — А как это сделать?

Л. — Очень просто: надо зажать плоскогубцами часть проволочного вывода между транзистором и местом пайки. Кроме того, выводы транзисторов обычно делаются из проволоки, плохо проводящей тепло (но, к счастью, хорошо проводящей ток).



Н. — Можно ли в чем-нибудь еще упрекнуть транзистор?

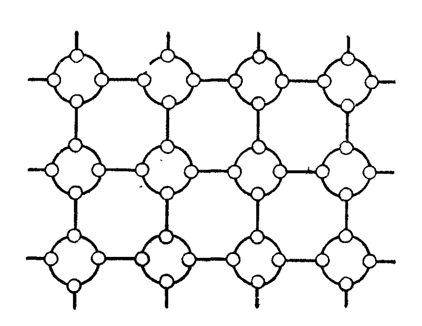
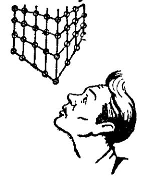


Рис. 2. Так схематически может быть изображена кристаллическая решетка, хотя в действительности межатомные связи расположены не в одной плоскости, а в пространстве.

Л. — К несчастью, да. Его возможности ограничены по частоте и по мощности. Он не может работать на частотах, превышающих несколько сотен мегагерц.

Н. — Не думаешь ли ты, что эти недостатки исключают возможность широкого применения транзисторов?

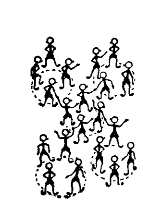
Л. — Конечно нет. Уже сейчас транзистор в большинстве случаев может успешно заменить электронную лампу. Но тем не менее я не думаю, что когда-нибудь придет такой день, когда можно будет полностью отказаться от применения электронных ламп.



После этой беседы Незнайкин решил посмотреть, как устроен кристалл полупроводникового вещества и с этой целью посетил Политехнический музей, где среди прочих экспонатов увидел модели атомов и кристаллических решеток различных веществ. Его особое внимание привлекла модель строения кристалла германия. Покинув залы музея, он поспешил встретиться со своим учителем, чтобы поделиться новыми впечатлениями.

Н. — Эти модели очень красивы: разноцветные маленькие шарики, изображающие атомы, соединены металлическими трубочками, представляющими валентные связи.

Л. — Поздравляю, что ты с такой пользой провел свой досуг. А к чему же привели твои размышления?



Н. — К идее, что кристалл германия похож на большое количество семей, каждая из которых имеет по четверо детей, а каждый из детей одной семьи связан супружескими узлами с одной из четырех соседних семей. Таким образом, по супружеским связям каждая из семей породнилась с четырьмя другими (рис. 2).

Л. — Ты нарисовал совсем неплохую картину, она даже поможет объяснить тебе дальнейшее. Действительно, в описанном тобой исключительно уравновешенном обществе нельзя ожидать больших потрясений, если все пары будут сохранять безупречную верность. И в кристалле германия все электроны должны оставаться крепко привязанными к своим атомам прочными валентными связями.

Н. — Но что ты сделаешь с человеческими страстями?

О нескольких разводах

Л. — Ты, как я вижу, прочитал какой-нибудь сентиментальный роман. Ну, ладно. Точно так же, как людьми движут страсти, атомы подвержены тепловому воздействию, которому время от времени удается вырвать из той или иной связи электрон и освободить его. А ты знаешь, когда электроны свободны...

Н. — ... тело становится проводником тока. Много ли свободных электронов в чистом германии при нормальной температуре?

Л. — Нет, очень мало. Едва ли два электрона на 10 миллиардов (т. е. на 10^{10}) атомов. Это примерно такое соотношение, как если бы на удвоенное население земного шара был только один свободный человек.

Н. — Какая ужасная картина! Но если это так, то германий должен быть очень плохим проводником?

Л. — Да, и именно по этой причине его назвали полупроводником. Заметь, однако, что в одном грамме германия имеется десять тысяч миллиардов миллиардов (10^{22}) атомов, так что в нем содержится около двух тысяч миллиардов (или $2 \cdot 10^{12}$) свободных электронов. Это лучше, чем ничего... и такого количества достаточно, чтобы пропускать небольшой ток.

Н. — Ты говоришь мне о миллиардах миллиардов электронов и утверждаешь, что ток небольшой!



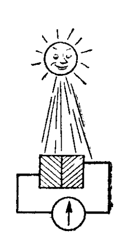
Л. — Значит, ты, Незнайкин, забыл, что ток в один ампер соответствует прохождению шести миллиардов миллиардов (или $6 \cdot 10^{18}$) электронов в секунду. Ты, конечно, поймешь, что несколько жалких тысяч миллиардов свободных электронов, разбросанных в колоссальной кристаллической решетке германия, могут создать только небольшую проводимость. Последняя обязана своим существованием тепловому движению (обрати на это внимание) и носит название *собственной проводимости.*

Н. — Одним словом, дело обстоит так, как если бы в нашем образцово организованном обществе изредка случались разводы и повторные браки, определяющие переходы из одной семьи в другую.

Л. — Это тоже правильно. А чтобы лучше использовать твое сравнение, скажем, что иногда там, может, как пишут в романах, дуть «знойный ветер страстей», вызывающий большие потрясения.

Н. — Я догадываюсь, что ты хочешь сказать. Если повышать температуру кристалла германия, то тепловое движение, становясь быстрее, высвобождает большее количество электронов. Собственная проводимость в этом случае повышается. В отличие от того, что имеет место в проводниках, сопротивление полупроводников при повышении температуры уменьшается.

Л. — Ты хорошо рассудил, Незнайкин! Именно поэтому германий плохо работает при повышенных температурах. Нас в германии интересует не его собственная проводимость, потому что не ее используют в транзисторах. Я добавлю, что можно также высвобождать электроны, воздействуя на атомы полупроводника не тепловой, а световой энергией.



Н. — Не хочешь ли ты сказать, что фотоны, эти зернышки света, бомбардируя атомы германия, вырывают из них электроны?

Л. — Да. Это свойство германия позволяет делать из него фоторезисторы, т. е. приборы, сопротивление которых изменяется под воздействием света. В наиболее старом из известных фотоэлементов используется селен, который также является полупроводником.

Н. — Впрочем, я пользуюсь фотоэкспонометром, в котором установлен такой элемент.

Л. — Фотоэлемент в твоем экспонометре, очевидно, сделан не из селена, а, возможно, из кадмия или кремния. Эти вещества позволяют создавать генерирующие фотоэлементы, т. е. устройства, преобразующие световую энергию в электрический ток.



Н. — Не такие ли элементы, освещаемые солнцем, питают электрическим током космические станции?

Скандал многочисленных семей

Л. — Да, Незнайкин. А теперь мы станем свидетелями смуты в нашем так хорошо организованном обществе, введя в него семью с пятью детьми.

Н. — Что ты хочешь этим сказать?

Л. — Что среди атомов даже самого чистого германия содержатся в самых малых количествах атомы других элементов, именуемых *примесями*. В самом чистом германии на миллиард атомов имеется один атом примеси.

Н. — Стоит ли обращать внимание на такую малость? Ведь это все равно, что их вообще нет.

Л. — Ты неправ, когда пренебрегаешь этими примесями, потому что даже при такой ничтожной пропорции в одном кубическом сантиметре германия, который называют *чистым*, содержится пять — десять тысяч миллиардов чужеродных или, как их называют, *примесных атомов*.

Н. — Я не думал, что этот кубический сантиметр содержит тысячи миллиардов атомов. Но что делает семья с пятью детьми? Ты хочешь сказать, что речь идет об атоме с пятью электронами на внешней оболочке?

Л. — Совершенно верно. Один пятивалентный атом, например атом мышьяка или сурьмы, проник в благородное общество атомов германия (рис. 3), ... и скандал разразился!

Н. — Очевидно, потому, что если удастся переженить четырех детей этой странной семьи с детьми четырех соседних семей, то пятый остается безнадежным холостяком?

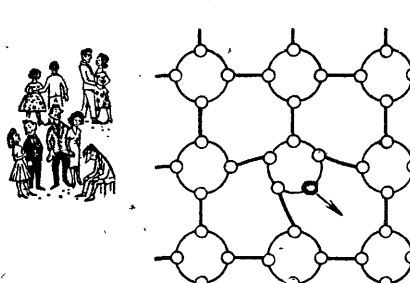


Рис. 3. Пятивалентный примесный атом нарушил безукоризненный порядок в кристаллической решетке.

Л. — Да, Незнайкин, четыре электрона образуют валентные связи с четырьмя соседними атомами кристаллической решетки, а пятый электрон остается свободным.

Н. — Если я правильно понимаю, то, прилагая напряжение между двумя точками кристалла, можно создать в нем ток, ибо свободные электроны, появившиеся благодаря пятивалентным элементам, будут притягиваться положительным полюсом, а отрицательный полюс источника тока одновременно выпустит в кристалл такое же количество электронов (рис. 4).

Л. — Да, такое явление происходит в полупроводнике, содержащем пятивалентные примеси, т. е. примеси с избытком электронов. Говорят, что это полупроводник типа *n* (от слова negative — отрицательный). А такие примеси часто называются *донорами*, так как они дают свободные электроны.

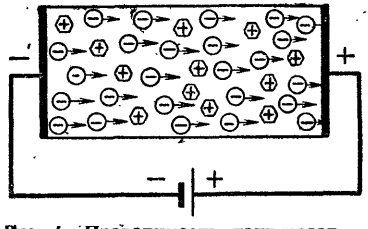


Рис. 4. Проводимость полупроводника типа *n*. Свободные электроны (обозначены знаком —) отрываются от пятивалентных атомов, которые из-за этого становятся положительными ионами (обозначены знаком «+»).



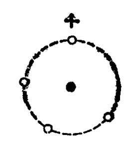
Н. — Каково обычное содержание примесей?

Л. — Максимум один атом на десять миллионов атомов германия, т. е. такая же пропорция, как четыре человека на все население Франции.

Н. — Да, однако в этом случае мы получим примесей в сто раз больше, чем их содержится в самом чистом германии. Но что станет с атомом примеси, например мышьяка, у которого оторвался свободный электрон? По-моему, этот атом перестанет быть нейтральным и, имея теперь электронов меньше, чем протонов, сделается положительно заряженным.

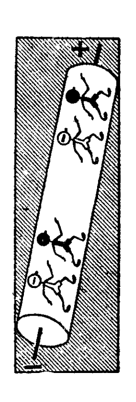
Л. — О, да. Как бы ни казался парадоксальным этот факт, а в германии типа *n* атомы примеси оказываются ионизированными положительно.

История с похищением детей



Н. — А что случится с нашим кристаллическим обществом, если одна из семей будет иметь лишь трех детей, иначе говоря, если в кристалл полупроводника ввести атомы, имеющие на внешних оболочках только по три электрона?

Л. — Разразившийся скандал будет ничуть не меньше, чем в случае со слишком многочисленными семьями. Этот трехвалентный атом образует валентные связи с тремя соседними атомами, а в районе четвертого атома образуется брешь, или *дырка*, которую легко мог бы заполнить какой-нибудь посторонний электрон (рис. 5).



Н. — Короче говоря, эта семья с тремя детьми всемерно стремится усыновить четвертого, чтобы следовать традиции общества или, вернее, чтобы сообразоваться с его общей организацией. Но если она «позаимствует» одного из детей чужой семьи, то у последней в свою очередь образуется дырка.

Л. — Разумеется, и эти заимствования или похищения детей могут тоже перемещаться с одного конца кристалла к другому.

Н. — Если, как я предполагаю, к кристаллу приложить напряжение.

Л. — Очевидно. Но проследи внимательно, что происходит в этом случае (рис. 6). Придя с той стороны, где находится отрицательный полюс, электрон заполнил дырку трехвалентного атома. Следовательно, электрон приблизился к положительному полюсу, тогда как новая дырка образовалась в соседнем атоме, расположенном ближе к отрицательному полюсу. Затем это явление повторяется. Новая дырка в свою очередь заполняется электроном, приблизившимся таким образом к положительному полюсу, а образовавшаяся при этом дырка оказалась еще ближе к отрицательному полюсу. И когда в итоге такого путешествия электрон достигает положительного полюса, от-

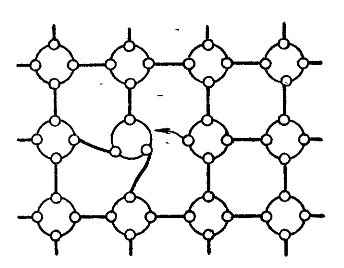


Рис. 5. В кристаллической решетке полупроводника имеется трехвалентный примесный атом, который стремится притянуть к себе электрон от соседнего атома.

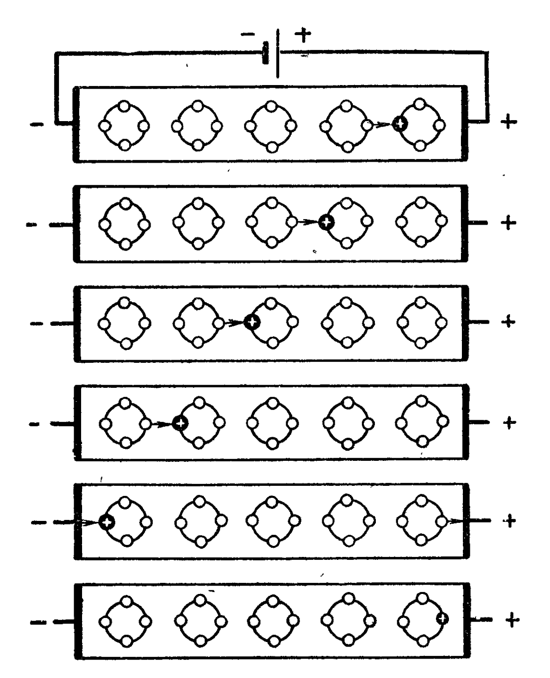
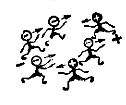


Рис. 6. В полупроводнике типа *p* трехвалентный примесный атом захватывает электрон соседнего атома полупроводника, оставляя там дырку, которая в свою очередь заполняется электроном, оторвавшимся от соседнего атома, и т. д. На рисунке показаны последовательные фазы этого процесса, когда дырка, представляющая собой положительный заряд, перемещается от положительного полюса к отрицательному. В последней фазе электрон, поступивший из источника тока, заполняет ближайшую к отрицательному полюсу дырку, а другой электрон покидает ближайший к положительному полюсу атом, на его месте возникает новая дырка и все начинается с начала! ...

куда он направляется в источник тока, дырка достигает отрицательного полюса, где она заполняется электроном, поступившим из источника тока.

Два потока



Н. — Значит, когда электроны, как им и полагается, направляются к положительному полюсу, дырки перемещаются к отрицательному полюсу, как если бы они были положительно заряженными частицами.

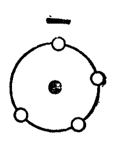
Л. — Да, действительно, все происходит так, как если бы в полупроводнике с трехвалентными примесями положительные заряды перемещались от положительного полюса к отрицательному.

Н. — Таким образом, дырки следуют по условно принятому направлению электрического тока от положительного полюса к отрицательному, тогда как электроны движутся в обратном направлении. Но можно ли сказать, что здесь мы

имеем электрический ток, созданный положительными зарядами?

Л. — А почему бы и нет? Не надо только забывать, что дырка представляет собой лишь свободное место, предназначенное для электрона.

Н. — Я думаю, что полупроводник, содержащий трехвалентные примеси, должен принадлежать к типу *p* (от слова positive — положительный).



Л. — Да, так его и называют. И раз уж ты сейчас в настроении серьезно поразмыслить, может быть, ты скажешь мне, что происходит с атомами примеси, когда электроны с соседних атомов заполняют их дырки.

Н. — Они становятся отрицательно заряженными ионами, потому что количество электронов стало больше количества их протонов. Весьма любопытно, что в полупроводнике типа *n* примеси ионизируются положительно, а в полупроводнике типа *p* — отрицательно.

Л. — Я добавлю, что атомы примеси типа *p*, такие как атомы алюминия, галлия или индия, часто называют *акцепторами,* так как они принимают на себя электроны, тогда как атомы примеси типа *n* отдают их полупроводнику.

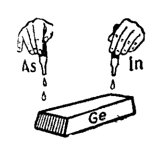
Н. — Я начинаю чувствовать, что в моей голове из всех этих доноров и акцепторов получается винегрет.

Л. — Поэтому я дам тебе маленькое мнемоническое правило: в слове «донор» есть буква эн (*n*), а в слове акцептор — буква пэ (*p*).

Н. — Спасибо, это несколько облегчает запоминание.

Перехо", представляющий собой барьер

Л. — Раз ты уже знаешь нравы кристаллических обществ, спокойствие которых нарушается экстравагантными семьями доноров и акцепторов, рассмотрим теперь, что даст объединение полупроводника типа *n* с полупроводником типа *p*. Представь себе, что, взяв пластинку, вырезанную из кристалла чистого германия, я одну ее половину «отравил», введя атомы-доноры (например, атомы мышьяка), а в другую половину ввел атомы-акцепторы (индия, если хочешь). Зона разграничения между разными типами полупроводников носит название *p-n перехода.* Его толщина порядка 0,3 *мкм*, но такая ничтожная протяженность зоны *p-n* перехода не мешает ей играть колоссальную роль.

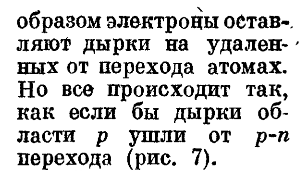


Н. — Я не вижу в этом переходе ничего особенного. В каждой половине нашей пластинки электроны будут продолжать свои короткие прогулки, совершенно не ведая, что происходит в его второй половине.

Л. — Ошибаешься, друг мой. Обычный тепловой ток в этом случае будет сопровождаться другим явлением. Отрицательно ионизированные примесные атомы области *p* оттолкнут от перехода свободные электроны в область *n*.

Н. — Правда, а я и не подумал об этом взаимном отталкивании одноименных зарядов. Но в этом случае положительно ионизированные атомы области *n* должны оттолкнуть от перехода дырки в область *p*.

Л. — Правильно, эти дырки (которые можно рассматривать как элементарные положительные заряды) отталкиваются. В действительности же положительные ионы области *n* притягивают электроны области *p* к переходу, в результате чего имеющиеся там дырки заполняются. Вызванные таким


образом электроны оставляют дырки на удаленных от перехода атомах. Но все происходит так, как если бы дырки области *p* ушли от *p-n* перехода (рис. 7).

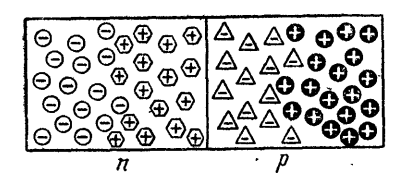
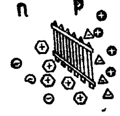
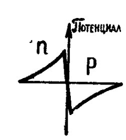


Рис. 7. Дырки области *p* отталкиваются от *p-n* перехода, оставляя возле него отрицательные ионы акцепторной примеси. Точно так же свободные электроны области *n* отталкиваются от перехода, оставляя возле него положительные ионы донорной примеси. Запомните хорошенько принятые здесь четыре условных обозначения, так как они используются на следующих рисунках.

Н. — Значит, в прилегающем к переходу пространстве области *p* все атомы-акцепторы будут заполнены, т. е. ионизированы отрицательно. Точно так же в области *p* все атомы-доноры вблизи перехода потеряют по электрону, что сделает их положительными ионами. В то же время свободные носители электрических зарядов (электроны и дырки) в области *p-n* перехода отсутствуют, так как заряды ионов примесей оттолкнули их отсюда к краям кристалла. Все это очень любопытно, переход превращается в своего рода барьер между двумя областями, из которых одна с отрицательным, а другая с положительным потенциалом.





Л. — Да, ты очень хорошо рассудил: переход представляет собой настоящий *потенциальный барьер*. В этом тончайшем слое полупроводника потенциал ионизированных атомов резко переходит от положительного значения (в области *n* — не забудь этого!) к отрицательному (в области *p*). Но в общей сложности кристалл остается нейтральным, так как в целом положительные и отрицательные заряды уравновешивают друг друга. Создав в полупроводнике области типа *p* и типа *n*, мы просто вызвали перемещение подвижных зарядов в оба конца каждой области, тогда как в отсутствие *p-n* перехода заряды распределяются равномерно по всему кристаллу.

Н. — Все это представляется мне совершенно ясным, но какая нам польза от этого перехода с его потенциальным барьером?

Л. — Ты сразу же ее обнаружишь, если приложишь к *p-n* переходу напряжение.

Электроны и дырки на прогулке

Н. — Я предполагаю, что мы получим ток, образуемый свободными электронами области *n* и дырками области *p*, причем одни движутся в одну, а другие — в обратную сторону.

Л. — Сказанное тобой может быть правильно, но ты слишком спешишь. Сначала необходимо рассмотреть порознь, что происходит в нашем полупроводнике с *p-n* переходом при одной и другой полярности приложенного напряжения. Первоначально допустим, что положительный полюс источника напряжения соединен с областью *p*, а отрицательный полюс — с областью *n* (рис. 8).

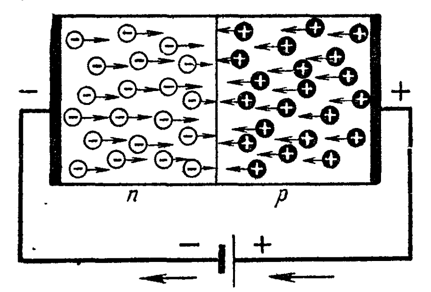


Рис. 8. Прохождение тока через p-n переход. На рисунке обозначены только носители зарядов: электроны (помечены знаком «—») и дырки (помечены знаком «+»); доноры области n и акцепторы области p не показаны, чтобы не запутывать рисунок.

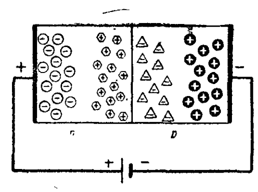
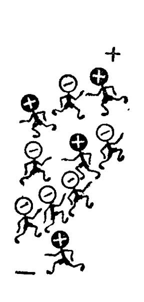


Рис. 9. Прилагая к p-n переходу обратное напряжение, мы оттягиваем электроны и дырки от границы раздела двух областей (p-n перехода). Вследствие этого «потенциальный барьер», высота которого повышается, препятствует прохождению тока.

Н. — Хорошо. В области n свободные электроны полупроводника будут отталкиваться в сторону перехода электронами, поступающими из источника напряжения. Они пересекут переход и примутся заполнять дырки, которые положительный потенциал источника подогнал к этому переходу.



Л. — Чтобы быть более точным, скажем, что положительный полюс источника будет притягивать к себе электрон каждый раз, когда другой электрон преодолеет переход, перепрыгнув из области n в область p. Электрон, притянутый источником, создает дырку, которая будет заполнена электроном, расположенным ближе к переходу; на месте этого электрона возникнет дырка и т. д.; дырка будет перемещаться в сторону перехода, пока она не будет заполнена там новым электроном, пришедшим из области n.

Н. — Следовательно, я был абсолютно прав, когда сказал, что возникает ток, образуемый электронами и дырками, перемещающимися в противоположных направлениях.

Л. — Да, это правильно, когда прикладывают, как мы это сейчас сделали, напряжение в *прямом направлении*, т. е. присоединяют положительный полюс источника к области p, а отрицательный полюс — к области n. Но если приложить напряжение в *обратном направлении*, то результат будет иным (рис. 9).

Н. — Почему же? Электроны отрицательного полюса источника притянут дырки области p ближе к концу пластинки из полупроводника. А к другому концу пластинки положительный потенциал источника притянет свободные электроны. Вот неожиданность! Ведь при этом ни электроны, ни дырки не будут пересекать переход, а потенциальный барьер только увеличится, значит, никакого тока мы не получим!

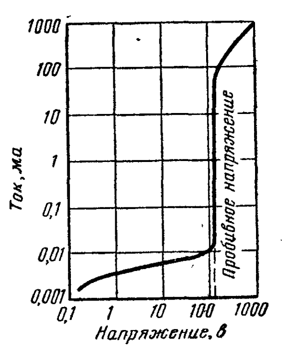


Рис. 10. Зависимость обратного тока через p-n переход от приложенного напряжения. Кривая построена в логарифмическом масштабе.

Л. — Не я заставлял тебя говорить это. Ты сам видел, что ток может установиться только

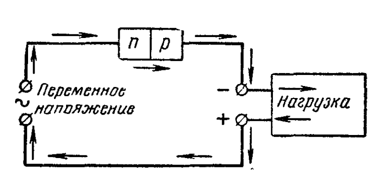


Рис. 11. Полупроводниковый диод может служить выпрямителем, так же как и вакуумный диод, но в отличие от последнего он не требует напряжения накала. На рисунке схематически показан однополупериодный выпрямитель.

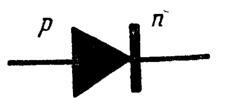
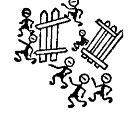


Рис. 12. Условное обозначение полупроводникового диода выбрано с учетом общепринятого направления тока от положительного полюса к отрицательному, которое, однако, противоположно направлению движения электронов.

при приложении прямого напряжения, когда положительный полюс соединен с областью *p*, а отрицательный — с областью *n*. Но если ты поменяешь полярность, то тока не будет или же будет только чрезвычайно малый *обратный ток* (рис. 10).

Н. — Даже если приложить большое напряжение?

Л. — Даже и в этом случае, но до известного предела. Если ты превысишь этот предел, то потенциальный барьер будет прорван и электроны устремятся через него лавиной: ток мгновенно станет большим. Это явление аналогично электрическому пробою изоляции. Напряжение, при котором он происходит, называют *напряжением пробоя p-n* перехода. Это явление в некоторых случаях применяется в электронике. Но для простоты будем считать переход проводником для тока одного, прямого направления и практически изолятором для тока обратного направления.



Обязательное одностороннее движение

Н. — Но тогда переход, проводящий ток только в одном направлении, представляет собой настоящий выпрямитель?

Л. — Да, тысячу раз да, дорогой Незнайкин. Если ты приложишь к переходу переменное напряжение, то ток пойдет через него во время одного полупериода, когда напряжение будет прямым, но не пойдет во время другого полупериода при обратной полярности напряжения (рис. 11).

Н. — Как через любой диод?

Л. — Совершенно верно. И именно поэтому *p-n* переход является основной частью *полупроводникового диода* (рис. 12). Как и любой другой диод, он может служить детектором (рис. 13). Он прекрасно выполняет функции детектора,

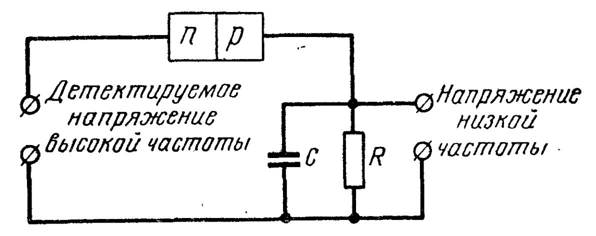
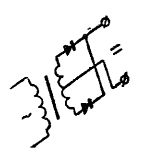


Рис. 13. Полупроводниковый диод используется в качестве детектора. Детектированное напряжение выделяется на резисторе *R*, высокочастотная пульсация сглаживается конденсатором *C*.

а на очень высоких частотах даже лучше, чем вакуумные диоды.

Н. — А можно ли использовать переходы в качестве выпрямителей относительно больших токов, например вместо кенотронов,выпрямляющих анодное напряжение?

Л. — Это широко распространено. Кремниевые, купроксные и селеновые выпрямители с успехом заменяют кенотронные, причем они прочнее, экономичнее, а их срок службы значительно больше.



Н. — Если это так, то я без колебаний провозглашу: «Да здравствуют полупроводники!»

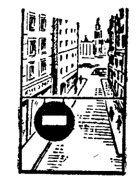
После небольшого перерыва наши друзья встретились вновь и продолжают беседу об устройстве и работе транзисторов.

Глупая шутка

Л. — Здравствуй, Незнайкин! Почему ты опоздал и почему у тебя такой разъяренный вид?

Н. — Есть отчего. Знаешь ли ты, что на вашу улицу нельзя больше проехать на автомобиле?

Л. — На ней одностороннее движение, но достаточно выехать на нее в разрешенном направлении, чтобы...



Н. — Нет больше разрешенного направления! Эти регулировщики, которые несомненно считают себя большими остряками, повесили и на другом конце знак «Въезд запрещен», так что теперь въезд на вашу улицу закрыт с обеих сторон.

Л. — Ну, это, может быть, просто шутка одного из тех, кому надоел шум автомобилей и теперь мы в тишине сможем, наконец, рассмотреть принцип работы транзистора.

Н. — Я горю от нетерпения узнать, как устроено это трехлапое создание.

Л. — Ну, в этом нет ничего сложного. Транзистор состоит из двух противоположно направленных *p-n* переходов. Можно, например, объединить два *p-n* перехода таким образом, что их область *p* окажется общей; в результате получим транзистор структуры *n-p-n* (рис. 14).

Н. — Я думаю, что точно так же от объединения области *n* двух *p-n* переходов мы получим транзистор структуры *p-n-p*.

Л. — Естественно. Я добавлю, что одна из внешних областей называется *эмиттером*, а другая — *коллектором*; средняя же область, которая должна быть очень тонкой (и я прошу тебя обратить на это условие особое внимание), называется *базой*.

Н. — Одним словом, транзистор представляет собой своеобразный бутерброд из двух толстых кусков хлеба, между которыми положен тоненький кусочек ветчины.

Л. — Да, если хочешь.

Н. — Но позволь мне сказать, что твой бутерброд так же несъедобен, как недоступна для машин ваша улица.

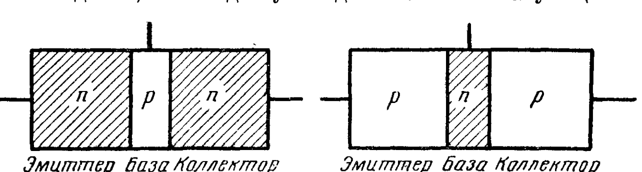


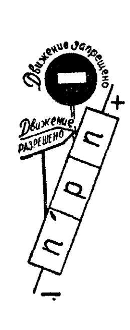
Рис. 14. Структура транзисторов *n-p-n* и *p-n-p*.

Непроницаемый бутерброд

Л. — На что ты намекаешь, уважаемый друг?

Н. — Очень просто: два направленных в противоположные стороны перехода закрывают путь току в обоих направлениях точно так же, как и два знака «въезд запрещен» лишают возможности въехать на вашу улицу, с какой бы стороны ты ни пытался это сделать.

Л. — Твои рассуждения не лишены логики. В заключение ты, может быть, заподозришь меня в авторстве этой глупой шутки, которую я якобы сделал с единственной целью облегчить тебе понимание принципа работы транзистора? Дело заключается в том, что если прикладывать напряжение к транзистору между эмиттером и коллектором, то при любой полярности для одного из переходов это напряжение будет прямым, а для другого перехода обратным, т. е. транзистор будет препятствовать прохождению тока (рис. 15).



Н. — Например, если к транзистору *n-p-n* мы приложим напряжение так, чтобы слева был отрицательный, а справа положительный полюс, то первый переход (*n-p*) свободно пропустит электроны слева направо. Но второй переход (*p-n*) решительно закроет им дорогу. Однако не найдется ли тем не менее нескольких шустрых электронов, которым, несмотря на все, удастся циркулировать в цепи?

Л. — Да, такие электроны всегда имеются. Они проложат себе дорогу благодаря тепловому воздействию, которое поможет им преодолеть *p-n* переход. Эти циркулирующие электроны образуют то, что называется *сквозным током* или *током насыщения* [1].

Н. — Чем вызвано последнее название? Может быть, это ток так велик?

Л. — Напротив, он чрезвычайно мал. Но он практически не зависит от величины приложенного напряжения. Повысь напряжение, а ток останется почти таким же. Под «насыщением» в данном случае понимают то, что все свободные электроны, способные при данной температуре преодолеть потенциальный барьер, участвуют в образовании тока.

[1] В этом месте Любознайкин допускает неточность. Током насыщения, о котором идет речь ниже, называют ток, который проходит при приложении обратного напряжения только к одному *p-n* переходу, т. е. между средним выводом транзистора (базой) и одним из крайних. (*Прим. ред.*)

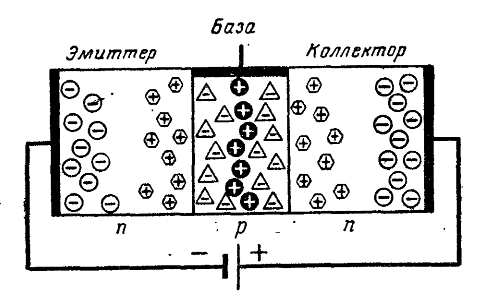


Рис. 15. Потенциальные барьеры в транзисторе. Электроны, дырки, положительные ионы (доноры) и отрицательные ионы (акцепторы) обозначены такими же значками, как на рис. 7.

Н. — А если температура повысится...

Л. — ...величина тока насыщения также возрастет. Впрочем может случиться, что при большом напряжении выделяемая этим током мощность вызовет дополнительное нагревание переходов, которое повлечет за собой дальнейшее увеличение тока... .

Н. — ...что в свою очередь повысит температуру переходов и т. д.

Л. — Да, в этом случае говорят о наступлении тепловой нестабильности, которая может привести к разрушению транзистора (так называемому *тепловому пробою*). Поэтому при повышенной температуре не следует прилагать к транзистору чрезмерно больших напряжений. Следует также заботиться об отводе тепла.

Н. — Я обещаю тебе установить вентиляторы в моей аппаратуре на транзисторах. Однако пока я не вижу пользы от этих полупроводниковых бутербродов.

В основе всего... база

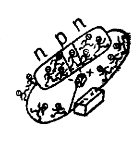
Л. — Это потому, что ты пока не добрался до ветчины.... я хочу сказать — до тонкой средней области, находящейся между обоими переходами, которую мы назвали базой. Приложим теперь в прямом направлении небольшое напряжение между эмиттером и базой (рис. 16).

Н. — Ты хочешь сказать, что если мы возьмем транзистор структуры *n-p-n*, то его эмиттер надо сделать отрицательным по отношению к базе?

Л. — Совершенно верно. Что, по-твоему, произойдет в этом случае?

Н. — Ничего особенного. Напряжение приложено в прямом направлении — значит, через проход между эмиттером и базой пойдет ток, вот и всё.

Л. — Нет, далеко не всё. Ток внесет в базу (область *p*) свободные электроны из эмиттера, который состоит из полупроводника типа *n*. А так как база тонкая, то лишь небольшого количества этих электронов хватит для заполнения дырок, находящихся в области *p*. При этом в соответствии с механизмом, который мы рассмотрели в прошлый раз, через вывод базы будет выходить небольшой ток базы $I_б$. Большинство же проникших в базу электронов продолжит свое движение и проникнет в коллектор, откуда они будут извлечены куда более высоким потенциалом источника напряжения $E_{к-э}$. Следо-



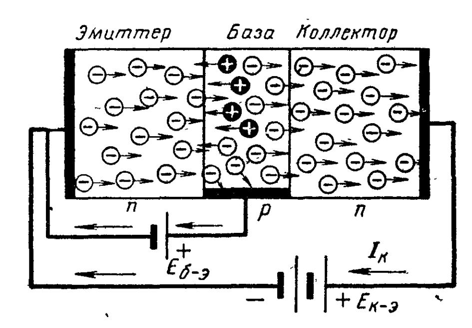
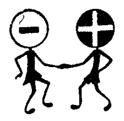


Рис. 16. Создавая поток электронов из эмиттера в базу, источник тока с напряжением $E_{б-э}$ открывает им дорогу через коллектор.

вательно, они преодолеют потенциальный барьер второго перехода и, пройдя через коллектор и источник $E_{к-э}$, вернутся к эмиттеру.



Н. — Удивительно! Если я правильно понял, то достаточно приложить небольшое напряжение между базой и эмиттером, чтобы открыть электронам путь через второй переход база — коллектор, который в обычных условиях является для них препятствием.

Л. — Да, Незнайкин. Именно в открывании запертого обратным напряжением второго перехода заключается *транзисторный эффект*.

Н. — Я думаю, что дело станет для меня яснее, если ты назовешь мне порядок величин напряжений и токов в транзисторе.

Микроамперы базы и миллиамперы коллектора

Л. — Между базой и эмиттером обычных маломощных транзисторов прикладывают напряжение около 0,2 *в*. При этом в цепи базы проходит ток в несколько десятков микроампер. Напряжение же, прикладываемое между коллектором и эмиттером, может составлять 5—10 *в* и больше. Ток коллектора бывает от 0,5 *ма* до нескольких миллиампер [1].

Н. — Одним словом, эмиттер «впрыскивает» в базу некоторое количество электронов, небольшая часть которых сразу же возвращается к эмиттеру через источник напряжения $E_{б-э}$ (это те электроны, которые во время своего короткого пробега по базе имели несчастье повстречаться с дырками), но большая часть электронов продолжает свой путь: они пересекают второй переход, входят в коллектор и возвращаются к эмиттеру через источник напряжения $E_{к-э}$. Я уже догадался, что усилительное действие транзистора заключается в том, что ток коллектора значительно больше тока базы.

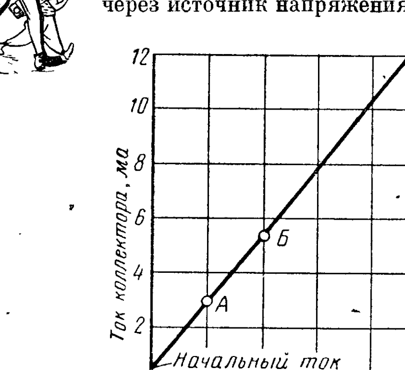


Рис. 17. Зависимость величины тока коллектора $I_к$ от тока базы $I_б$. Между точками *А* и *Б* ток базы увеличивается с 50 до 100 *мка*, т. е. на 50 *мка*, или на 0,05 *ма*. Ток коллектора между этими же точками возрастает с 3 до 5,5 *ма*, т. е. на 2,5 *ма*. Следовательно, усиление по току составляет 2,5 : 0,05 = 50 раз.

Л. — Ты несколько спешишь, но ты не ошибаешься. Усиление заключается в том, что ток коллектора зависит в основном от тока базы и меняется пропорционально изменениям последнего. Вообще ток коллектора в несколько десятков раз больше тока базы. Вот, например, кривая, показывающая, как изменяется ток коллектора в зависимости от тока базы для одного из транзисторов (рис. 17). Будь внимателен, Незнайкин! Ток базы выражен здесь в *микроамперах*, а ток коллектора — в миллиамперах. Проявив достаточную наблюдательность, ты заметишь, что ток коллектора за вычетом начального тока,

[1] В мощных транзисторах ток коллектора несравненно больше. (*Прим. ред.*)



существующего в отсутствие тока базы, всюду в 50 раз больше тока базы. В этом случае говорят, что *усиление по току* равно 50.

Н. — А как снимается такая кривая?

Л. — Очень просто. Изменяя при помощи потенциометра прикладываемое между базой и эмиттером напряжение (рис. 18), надо измерять соответствующие друг другу значения тока базы (микроамперметром) и тока коллектора (миллиамперметром).

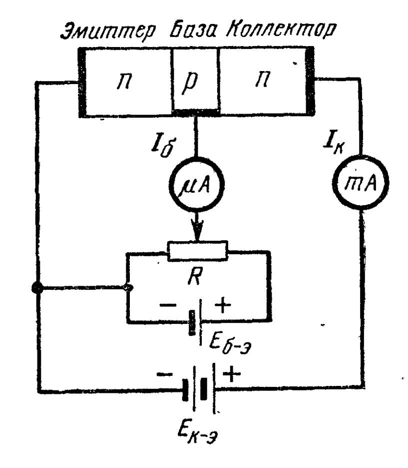
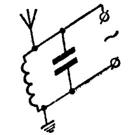


Рис. 18. Схема, при помощи которой можно снять характеристику, изображенную на рис. 17. При различных положениях движка потенциометра *R* измеряют ток базы и ток коллектора.

Н. — Любознайкин, у меня есть одна идея. Вместо того чтобы крутить ручку потенциометра и изменять тем самым напряжение между эмиттером и базой, давай приложим последовательно с источником постоянного напряжения $E_{б-э}$ какой-нибудь сигнал, например низкочастотное напряжение, получаемое после детектирования (рис. 19). Вызывая таким образом небольшие изменения тока базы, мы получим значительные изменения тока коллектора.



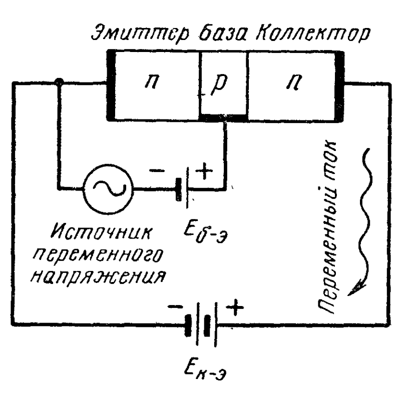
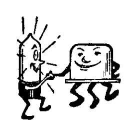


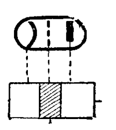
Рис. 19. Между базой и эмиттером приложено переменное напряжение; в цепи коллектора появляется переменная составляющая тока.

Сходства и различия

Л. — Браво, Незнайкин! Как ты додумался до такой блестящей идеи?

Н. — Видишь ли, мне в этот момент представилась аналогия между транзистором и электронной лампой. Вот, например, база, ведь она удивительно похожа на сетку. Так же как и сетка, она размещена между эмиттером и коллектором, будто между катодом (он ведь тоже эмиттирует электроны) и анодом (а он-то их собирает). Итак, как небольшие изменения потенциала сетки вызывают значительные изменения анодного тока, здесь слабые изменения напряжения в цепи базы создают значительные изменения тока коллектора. Ура! Я понял суть транзистора! Разве я не один из ясновидцев?





Л. — По правде говоря, триумф твой весьма скромен. Я рискую обдать твой юношеский энтузиазм холодным душем:

аналогия лампа — транзистор хотя и облегчает понимание некоторых явлений, но имеет свои ограничения, о которых не следует забывать.

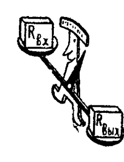
Н. — Я не вижу существенной разницы.

Л. — Для начала имеется одна, и весьма существенная: наличие тока базы. Вспомни, как при использовании ламп мы тщательно стараемся предотвратить возникновение сеточного тока.

Н. — Правильно. Мы подаем на сетку отрицательное смещение, чтобы помешать ей становиться положительно заряженной при пиках положительных значений сигнала, что сделало бы ее конкуренткой анода и она стала бы захватывать электроны.

Л. — Поэтому входной сигнал у лампы представляет собой напряжение, которое практически не создает никакого тока, а следовательно, здесь нет и расхода мощности. В транзисторе же напряжение входного сигнала вызывает соответствующий ток, а значит, надо говорить и о затрате мощности.

Н. — Должен ли я сделать из этого вывод, что у транзистора промежуток эмиттер — база имеет входное сопротивление и, вероятно, малое?



Л. — Разумеется. Его величина составляет всего каких-нибудь несколько сотен ом, тогда как сопротивление между катодом и сеткой вакуумной лампы практически бесконечно большое. У мощных же транзисторов это сопротивление составляет несколько ом или десятков ом. А вот *выходное сопротивление* транзистора, напротив, довольно высокое, может достигать десятков и сотен тысяч ом [1].

Н. — Ясно. Ведь к переходу эмиттер — база напряжение прикладывается в прямом направлении, что снижает сопротивление, а к переходу база — коллектор — в обратном направлении, что должно сделать его сопротивление весьма высоким. Любопытно, что выходное сопротивление у транзистора получается того же порядка, что у электронных ламп.



Л. — Как видишь, Незнайкин, не следует без особой необходимости, не сделав соответствующих оговорок, прибегать к аналогии лампа — транзистор. А так как мы приступили к основному вопросу — о входном и выходном сопротивлениях, ты легко поймешь, как происходит в транзисторе усиление по напряжению.

Усиление по напряжению

Н. — Я думаю, что небольшое переменное напряжение, приложенное между базой и эмиттером, определяет, как мы уже говорили, изменение тока базы.

---

[1] Сопротивления, о которых говорит Любознайкин, рассчитываются путем деления малых изменений напряжений на вызываемые ими изменения тока.

Следовательно, входное сопротивление

$$r_{вх} = \frac{\Delta U_б}{\Delta I_б},$$

где $\Delta U_б$ — малое изменение напряжения между эмиттером и базой, а $\Delta I_б$ — возникающее в результате этого изменение тока базы.

Точно так же выходное сопротивление

$$r_{вых} = \frac{\Delta U_к}{\Delta I_к},$$

где $\Delta U_к$ — изменение напряжения, приложенного между коллектором и эмиттером, а $\Delta I_к$ — соответствующее изменение тока коллектора.

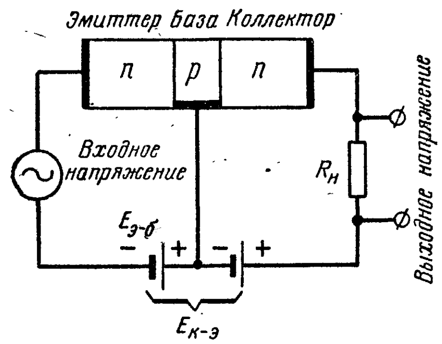


Рис. 20. Два источника напряжения питания (для цепи базы и для цепи коллектора) могут быть заменены одним источником с отводом. На этом рисунке показано также место включения резистора нагрузки $R_н$, на котором получается усиленное выходное напряжение.

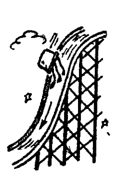
Л. — И эти изменения будут тем больше, чем меньше входное сопротивление (если источник напряжения сам имеет малое внутреннее сопротивление).



Н. — Это я понимаю, так как в голове у меня постоянно сидит закон Ома, по которому ток будет тем больше, чем меньше сопротивление.

Л. — Однако ток коллектора изменяется пропорционально току базы. Следовательно, он тоже будет претерпевать значительные изменения. Но поскольку выходное сопротивление транзистора велико, мы без осложнений можем пропускать ток коллектора через большое сопротивление нагрузки...

Н. — ...на котором мы выделим значительно усиленное переменное напряжение. Если память мне не изменяет, у электронных ламп отношение изменения анодного тока к вызвавшему его изменению напряжения на сетке называется крутизной. Можно ли в царстве транзисторов применять это же понятие? В этом случае крутизной было бы отношение изменения тока коллектора к изменению напряжения базы.



Л. — Да, Незнайкин. Часто говорят о крутизне транзистора, и я могу сказать тебе, что крутизной 30 *ма/в* (при токе в цепи коллектора 1 *ма*) никого не удивишь.

Н. — Но это здорово! С такой крутизной, очевидно, можно получать колоссальные усиления.

Л. — Увы! Нет. Как ты вскоре увидишь, низкое входное сопротивление лишает нас возможности эффективно использовать эту высокую крутизну. Кроме того, необходимо ограничивать амплитуду усиливаемых переменных напряжений.

Н. — В электронных лампах следует избегать, чтобы сетка стала положительной. Здесь же, как и я думаю, нужно избегать обратного явления, чтобы пики отрицательных полупериодов не сделали эмиттер положительным по отношению к базе, т. е. не заперли бы эмиттерный переход [1].

Л. — Правильно. А кроме того, не следует также допускать, чтобы положительный пик напряжения на базе вызвал чрезмерно большой ток коллектора.

---

[1] Все эти рассуждения касаются транзистора структуры *n-p-n*. Для транзисторов структуры *p-n-p* полярности всех напряжений обратные. (*Прим. ред.*)

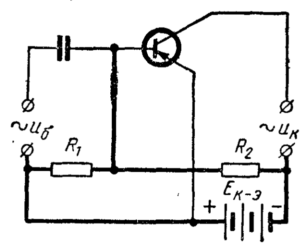


Рис. 21. Вместо того чтобы делать отвод от батареи, напряжение смещения на базу можно получить при помощи делителя из резисторов R_1 и R_2.

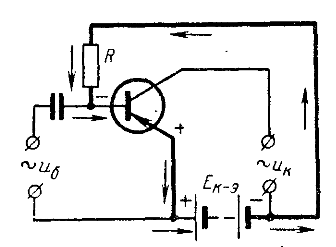
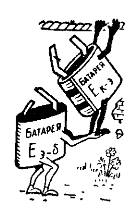


Рис. 22. Напряжение смещения на базу можно подать через резистор *R*.



Н. — А нельзя ли для устранения этих опасностей повысить напряжения обеих батарей?

Л. — В некоторых случаях это может привести к неприятностям, так как для каждого типа транзистора существуют предельные значения напряжений, которые нельзя превышать. Однако я хочу сказать тебе, что оба источника напряжения с выгодой для дела можно соединить последовательно, потому что нужно подать на коллектор по отношению к эмиттеру еще более положительное напряжение, чем на базу (рис. 20).

Н. — Я вижу, что напряжение $E_{э-б}$ является частью напряжения батареи $E_{к-э}$.

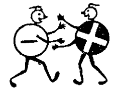
Л. — В практических схемах обходятся без второй батареи и даже без отвода от батареи: смещение на базу подают с помощью делителя напряжения из двух резисторов (рис. 21) или через понизительный резистор *R* (рис. 22).

Прощаясь с Незнайкиным, Любознайкин попросил его подумать на досуге, как ведет себя другой, наиболее распространенный транзистор структуры p-n-p. При следующей встрече Незнайкин отчитывается перед своим учителем в выполнении задания.

Транзистор структуры *p-n-p*

Л. — Не можешь ли ты ответить мне на вопрос, который я задал в конце нашей прошлой беседы: как работает транзистор структуры *p-n-p* (рис. 23).

Н. — Я думал об этом, и мне кажется, что я могу тебе ответить. В таком транзисторе в отличие от транзистора структуры *n-p-n* потенциал коллектора должен быть отрицательным по отношению к эмиттеру. Я должен тебе признаться, что это мне очень неприятно.



Эмиттер База Коллектор

p n p

Рис. 23. Распределение носителей зарядов (электронов и дырок) и ионизированных атомов в транзисторе структуры *p-n-p* до включения напряжений питания. Показаны потенциальные барьеры, образованные ионами с разноименными зарядами.

Л. — Почему?

Н. — Потому что я всегда стремился сравнивать транзистор с электронной лампой, и идея сделать анод отрицательным по отношению к катоду (ведь именно их роли выполняют соответ-

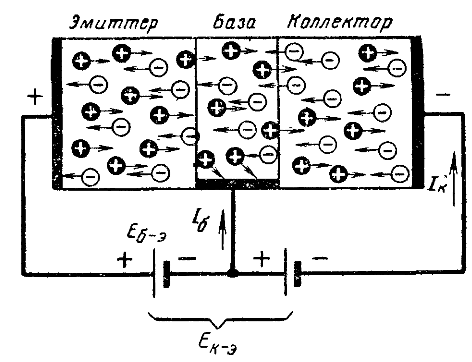
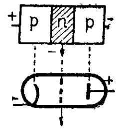


Рис. 24. Движение носителей зарядов в работающем транзисторе структуры *p-n-p*. Ионы на этом рисунке не показаны.

ственно коллектор и эмиттер) меня несколько разочаровывает. Тот же факт, что база должна быть отрицательной по отношению к эмиттеру, радует мое сердце, так как я думаю, разумеется, о сетке.

Л. — Незнайкин, остерегайся таких сопоставлений, я уже говорил тебе об этом.

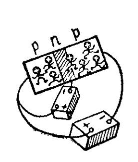


Н. — Как бы там ни было, но при такой полярности напряжений переход эмиттер — база находится в проводящем состоянии. Это значит, что отталкиваемые положительным полюсом источника питания дырки эмиттера неудержимо устремляются через *p-n* переход в базу. Благодаря малой толщине базы большинство дырок проскакивает через нее и проникает в коллектор, не испытывая слабого притяжения отрицательного полюса батареи с напряжением $E_{б-э}$.

Л. — Это совершенно верно. Однако что происходит с теми немногочисленными дырками, которые прореагируют на притяжение отрицательного полюса батареи с напряжением $E_{б-э}$ (рис. 24)?

Н. — Они нейтрализуются в результате рекомбинации с поступившими от этого полюса электронами. Таким образом, возникает небольшой ток $I_б$, создаваемый электронами, движущимися из базы в эмиттер.

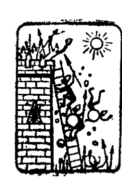
Л. — А какова судьба большинства дырок, которые достигли коллектора?



Н. — Там происходит такое же явление, дырки нейтрализуются электронами, поступающими с отрицательного полюса батареи $E_{к-э}$. И каждый раз, когда электрон проникает из батареи в коллектор, чтобы нейтрализовать дырку, другой электрон покидает один из атомов эмиттера и поглощается положительным полюсом этой батареи; само собой разумеется, что, покидая свой атом, электрон порождает в эмиттере новую дырку. Ток поддерживается движением дырок от эмиттера к коллектору и электронов в обратном направлении. Разве не так?

Л. — Я восхищен, как здорово разобрался ты в работе транзистора. Действительно, все происходит так, как если бы армия штурмовала крепость. Атакующие достигают вершины стены и в неудержимом порыве врываются в город, прорываясь через ряды пытающихся их сдержать защитников.

Н. — Твоя аналогия, где крепостная стена представляет базу, а город — коллектор, была бы более убедительной, если



бы осажденный гарнизон предпринимал контратаку, символизирующую движение электронов навстречу атакующим дыркам, вооруженным неотразимым... положительным зарядом. Но меня мучает другой вопрос. В транзисторе структуры *р-n-р* и эмиттер и коллектор состоят из полупроводника типа *р* (в транзисторе структуры *n-р-n* они оба обладают проводимостью типа *n*). Не свидетельствует ли это об их взаимозаменяемости?

Л. — Нет, дорогой друг. И ты сам легко поймешь, почему. Если ток, идущий от эмиттера к базе, а затем к коллектору, имеет примерно одну и ту же величину, то этого нельзя сказать о напряжениях. Между базой и эмиттером напряжение невелико, а между коллектором и базой оно значительно выше.

Н. — Я понял. Так как произведение тока на напряжение дает мощность, то мощность, рассеиваемая на переходе база — коллектор, во много раз больше той, которая рассеивается на переходе эмиттер — база.

Л. — Ты тысячу раз прав. Вот почему коллектор должен легче отводить выделяющееся там тепло. У него бо́льшая, чем у эмиттера, площадь. А в мощном транзисторе коллектор припаян к металлическому корпусу, что облегчает передачу тепла на шасси.

О выводах и условных обозначениях

Н. — Теперь я понимаю, чем различаются электроды транзистора; но как определить, какой вывод транзистора соединен с эмиттером, а какой с базой и коллектором?

Л. — Различить их очень просто. У большинства транзисторов средний вывод соединен с базой (рис. 25), один из крайних выводов — с эмиттером, а другой крайний — с коллектором [1].

Н. — Это одновременно и просто и логично, как и условное изображение транзистора на твоих рисунках — прямоугольник, разделенный на три зоны области.

Л. — Увы, это действительно логичное и соответствующее истинной структуре транзистора условное обозначение обычно не используется в схемах.

Н — Досадно. Каково же «официальное» графическое обозначение транзистора?

Л. — В разных странах и даже разные авторы в одной стране применяют различные условные обозначения. Большинство же пользуется обозначением в виде круга с жирной черточкой внутри, к середине которой подходят под углом две тонкие линии. Жирная черточка обозначает базу, тонкая линия, снабженная стрелкой, — эмиттер, а другая такая же линия, но без стрелки — коллектор. А кроме того (запомни это как следует), если стрелка направлена к базе (рис. 26), то это транзистор структуры *р-n-р*, а если от базы (рис. 27), то это транзистор *n-р-n*.

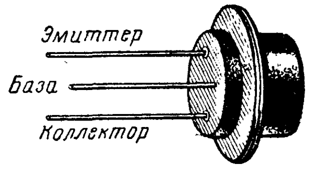


Рис. 25. Типичное расположение выводов маломощного низкочастотного транзистора.

[1] Так обычно расположены выводы у маломощных низкочастотных сплавных транзисторов. У мощных низкочастотных, а также у высокочастотных транзисторов расположение выводов другое. У последних вывод эмиттера обычно отмечен точкой. (*Прим. ред.*)

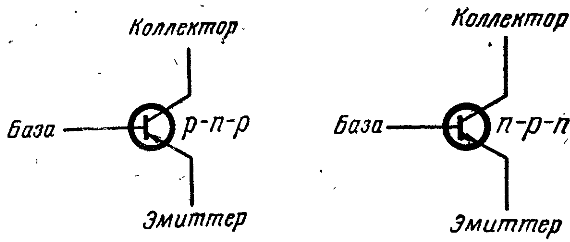


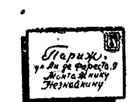
Рис. 26. Условное обозначение на схемах транзистора структуры *p-n-p*.

Рис. 27. Условное обозначение на схемах транзистора структуры *n-p-n*.

Н. — А теперь я хотел просить тебя, Любознайкин, кратко резюмировать (лучше в письменной форме) суть того, чему ты меня научил.

Л. — Я охотно составлю для тебя такое резюме и пришлю его по почте. А пока, Незнайкин, доброй ночи!

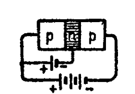
Письмо Любознайкина к Незнайкину



Мой дорогой друг, вот сведения, которые должны прочно врезаться в твою память.

Транзистор состоит из трех зон-областей: эмиттера, базы и коллектора. Они содержат примеси, придающие эмиттеру и коллектору электрическую проводимость, противоположную проводимости базы.

Существуют транзисторы двух структур: p-n-p и n-p-n. Больше распространен первый тип, по крайней мере среди транзисторов из германия.



В транзисторе структуры p-n-p базе сообщают отрицательный по отношению к эмиттеру потенциал, а коллектору — еще более отрицательный, чем базе.

В транзисторе структуры n-p-n база должна иметь положительный потенциал по отношению к эмиттеру, а коллектор — еще более положительный, чем база.

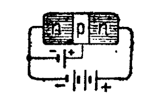
В обоих случаях питающие напряжения создают прямой ток через переход эмиттер — база.

Ток базы имеет очень малую величину (микроамперы); ток коллектора значительно больше (миллиамперы) [1].

Малое изменение тока базы вызывает значительное изменение тока коллектора. Отношение изменения второго к изменению первого называется коэффициентом усиления по току[2].

Вход транзистора (база — эмиттер) имеет относительно небольшое сопротивление. Поэтому подаваемые на вход сигналы должны обладать некоторой мощностью.

Выход транзистора (коллектор — эмиттер) отличается высоким сопротивлением.



Изменение напряжения, приложенного между базой и эмиттером, вызывает изменение тока базы, а это изменение в свою очередь создает большее изменение тока коллектора. Если в цепь коллектора включена нагрузка, то на ней можно получить усиленное (большее) напряжение.

---

[1] Справедливо для маломощных транзисторов. Ток коллектора транзисторов большой мощности может достигать нескольких ампер. (*Прим. ред.*)

[2] Этот параметр называют также коэффициентом передачи тока базы. (*Прим. ред.*)

Вот в нескольких словах, мой дорогой Незнайкин, выводы, к которым мы пришли.

Твой друг
Любознайкин

Когда некоторое время спустя Любознайкин навестил Незнайкина, то увидел, что его ученик собрал какую-то сложную схему с электроизмерительными приборами.

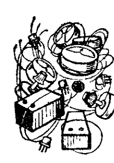
В беседе выясняется, что Незнайкин снимает характеристики транзисторов.

Последние, как и характеристики ламп, могут выражаться значениями основных параметров или в виде графиков, показывающих, как некоторые токи и напряжения изменяются в зависимости от других. Однако для транзисторов графическое изображение характеристики особенно ценно, ибо каждая переменная величина влияет на большинство других.

Инициатива Незнайкина

Л. — Черт возьми! Что я вижу! Что означает это немыслимое скопище измерительных приборов, батарей и потенциометров на твоем столе?

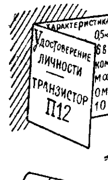
Н. — Очевидно, ты не видишь главного, а на это есть причины. Ведь рядом с вольтметрами и амперметрами транзистор выглядит совсем маленьким. А он тем не менее виновник сегодняшнего торжества.



Л. — Но какова цель всего этого нагромождения приборов?

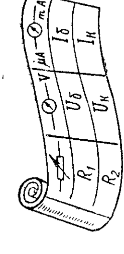
Н. — А ты помнишь, как некогда мы снимали характеристики электронных ламп: изменения анодного тока в зависимости от сеточного напряжения или от анодного напряжения? Ну вот, я и хотел снять аналогичные характеристики для своего транзистора.

Л. — Похвальная инициатива! И тебе удалось достичь цели?



Н. — И да, и нет... Как видишь, достаточно уклончивый ответ. Но меня смущает тот факт, что у лампы мы учитывали три величины: 1) анодный ток $I_а$; 2) напряжение анод — катод $U_а$ и 3) напряжение сетка — катод, а у транзистора нужно учитывать четыре: 1) ток коллектора $I_к$; 2) напряжение коллектор — эмиттер $U_{к-э}$; 3) напряжение база — эмиттер $U_{б-э}$ и 4) ток базы $I_б$.

Л. — Вот это правильно. Действительно, кроме исключительных случаев, лампы работают без сеточного тока. В транзисторе же ток базы играет первостепенную роль.



Рациональная схема

Н. — Вот схема, которую я придумал для этих четырех величин (рис. 28).

Л. — Здесь я вижу потенциометр R_1, который служит для изменения по желанию напряжения между базой и эмиттером; это напряжение измеряется вольтметром $U_б$. Кроме того, у тебя есть потенциометр R_2, служащий для изменения напряжения коллектор — эмиттер, измеряемого вольтметром $U_к$. Ты измеряешь ток базы миллиамперметром $I_б$, а ток коллектора — амперметром $I_к$. Поздравляю тебя, Незнайкин: с твоей схемой можно проделать хорошую работу! Что же у тебя не ладится?

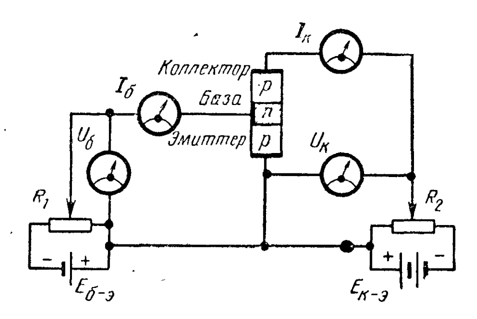


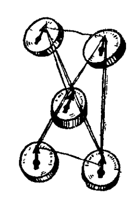
Рис. 28. Схема, используемая для снятия характеристик транзистора.



Н. — У меня складывается впечатление, что я стал жертвой той самой шутки, которую я еще мальчишкой проделывал с нашей бравой кухаркой Меланьей.

Л. — Что же общего между этой жертвой твоей ранней жестокости и полупроводниками?

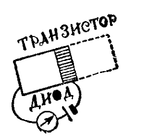
Н. — Однажды вечером я тонкой проволочкой соединил все кастрюли между собой, и когда Меланья захотела взять одну из них, вся кухонная батарея обрушилась со страшным грохотом.



Л. — Это делает честь твоему воображению, если не твоему хорошему вкусу. Но я все еще не вижу общего.

Н. — А тем не менее, это очевидно. У меня сложилось впечатление, что стрелки моих приборов связаны между собой невидимыми нитями, как кастрюли Меланьи. Достаточно одной из них покачнуться, как две другие немедленно приходят в движение. Например, когда я поворачиваю ручку потенциометра R_1, изменяя тем самым напряжение базы $U_{б-э}$, одновременно изменяется ток базы $I_б$, а также и ток коллектора $I_к$.

Две первые характеристики



Л. — А разве это не нормально? Этим ты демонстрируешь принцип действия транзистора. Прилагая между базой и эмиттером возрастающее напряжение, ты повышаешь величину тока, идущего от эмиттера к базе, и тем самым увеличиваешь ток, идущий от эмиттера через базу к коллектору.

Н. — Разумеется. Это полностью аналогично влиянию сетки на анодный ток в электронной лампе. Кстати, вот две кривые, которые я снял, регулируя потенциометром R_1 напряжение $U_{б-э}$ и записывая для каждого его значения величины $I_б$ и $I_к$ (рис. 29 и 30).

Л. — Очень хорошо, Незнайкин. Я вижу, что ты испытываешь транзистор средней мощности, потому что коллекторный ток достигает здесь почтенной величины — порядка полуампера. Твоя первая кривая, где взаимодействуют только два элемента — эмиттер и база и которая характеризует зависимость тока базы от потенциала базы по отношению к эмиттеру, просто-напросто характеристика диода, образованного эмиттером и базой.

Н. — Правда! Ток увеличивается сначала медленно, а затем все быстрее и быстрее. Я вижу, что эта кривая не пред-

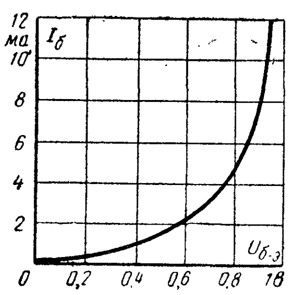


Рис. 29. Зависимость тока базы $I_б$ от напряжения база — эмиттер $U_{б\text{-}э}$. На этом рисунке, как и на всех остальных, где изображены характеристики транзисторов, полярности напряжений базы и коллектора не указаны. Потенциалы обоих этих электродов положительны относительно эмиттера у транзисторов структуры *n-p-n* и отрицательны у транзисторов структуры *p-n-p*.

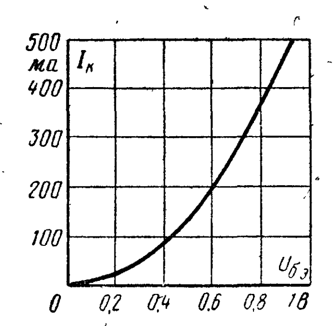


Рис. 30. Зависимость тока коллектора $I_к$ от напряжения база — эмиттер $U_{б\text{-}э}$.

ставляет большого интереса, но думаю, что другая кривая, отражающая изменение коллекторного тока в зависимости от напряжения базы, имеет большое значение.

Незнайкин знакомится с обманчивой крутизной

Л. — Не увлекайся, мой друг. Вторая кривая действительно очень показательная. Она, в частности, показывает нам, что *крутизна* транзистора далеко не постоянна и изменяется в зависимости от величины напряжения.

Н. — Как? Разве, имея дело с транзисторами, тоже говорят о крутизне? Для ламп — это отношение небольшого изменения анодного тока к вызвавшему его небольшому изменению сеточного напряжения.



Л. — Да, здесь по аналогии мы также определим крутизну как отношение небольшого изменения $\Delta I_к$ к вызвавшему его небольшому изменению напряжения базы $\Delta U_{б\text{-}э}$. Обозначив крутизну буквой S, получим:

$$S = \frac{\Delta I_к}{\Delta U_{б-э}}.$$

Крутизна у транзистора, как и у ламп, выражается в миллиамперах на вольт.

Н. — Я действительно заметил, что при повышении напряжения базы крутизна нашего транзистора возрастает. При переходе от 0,2 к 0,4 *в* ток увеличился всего на 50 *ма*, а при повышении напряжения базы от 0,6 до 0,8 *в* он увеличился примерно на 180 *ма*. Следовательно, в первом случае мы имеем крутизну 50 : (0,4—0,2) = 250 *ма/в*, во втором случае 180 : (0,8—0,6) = 900 *ма/в*. Чудовищно! У лампы никогда нельзя получить такой крутизны.

Л. — Однако не делай слишком поспешных выводов о том, что усиление транзистора действительно так велико.

Здесь роль крутизны значительно скромнее, так как в конечном итоге решающее значение имеет влияние тока базы на ток коллектора.

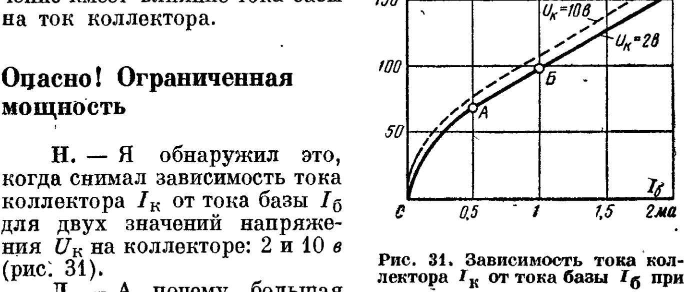
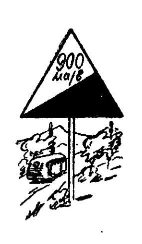


Рис. 31. Зависимость тока коллектора $I_к$ от тока базы $I_б$ при двух значениях напряжения коллектора $U_{к\text{-}э}$.

Опасно! Ограниченная мощность



Н. — Я обнаружил это, когда снимал зависимость тока коллектора $I_к$ от тока базы $I_б$ для двух значений напряжения $U_к$ на коллекторе: 2 и 10 *в* (рис. 31).

Л. — А почему большая часть кривой для этого последнего напряжения $U_к = 10$ *в* проведена пунктиром?

Н. — Потому, что она нанесена условно. Я не осмелился допустить, чтобы коллекторный ток превысил 35 *ма*, так как предельная мощность рассеяния транзистора составляет 350 *мвт* (в инструкции выпустившего его завода недвусмысленно сказано об этом). Ток в 35 *ма* при напряжении 10 *в* дает как раз эту предельную мощность, а я не хотел превышать ее, чтобы не погубить плод своих сбережений.

Л. — Ты действовал мудро, и мне остается лишь тебя поздравить. Обрати внимание, что кривые, показывающие изменения $I_к$ под воздействием $I_б$, приближаются к прямой линии.

Н. — Я думаю, что по этим кривым можно определить коэффициент усиления по току β, который показывает, во сколько раз изменения тока коллектора больше изменения тока базы [1].

Л. — Можешь ли ты определить этот коэффициент по кривой $U_к = 2$ *в*?

Н. — Это очень просто. Когда мы увеличиваем ток базы, например, с 0,5 до 1 *ма* (точки *А* и *Б*), ток коллектора увеличивается с 70 до 100 *ма*. Следовательно, изменению тока базы на 0,5 *ма* соответствует изменение тока коллектора на 30 *ма*. Значит, усиление по току $\beta = 30 : 0{,}5 = 60$ раз.

Л. — Браво! А в общей форме можно написать:

$$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б},$$

где $\Delta I_к$ и $\Delta I_б$ представляют соответственно малые изменения тока коллектора и тока базы.

Сопротивление, которое не является на перекличку



Н. — Скажите пожалуйста! Все эти малые изменения токов и напряжений напоминают мне что-то знакомое, как мотив песенки моего далекого друга. После крутизны и коэффициента усиления нам не хватает только внутреннего сопротивления... и мы вновь встретим ту же семью основных параметров, что и у ламп.

[1] В настоящее время этот коэффициент чаще обозначают символом $h_{21э}$. (*Прим. ред.*)

Л. — Осторожнее, мой друг! Еще раз говорю тебе, остерегайся поспешных аналогий. Коэффициент усиления ламп представляет собой отношение двух напряжений, у транзистора — это отношение двух токов. Точно так же, говоря о внутреннем сопротивлении ламп, имеют в виду часто выходное сопротивление, тогда как у транзисторов, как мы уже видели, говорят о *входном сопротивлении* — сопротивлении эмиттер — база. И, как всякое сопротивление, оно представляет собой отношение напряжения к величине тока, как сказал бы покойный физик Ом.

Н. — Или, говоря так же строго, как ты, это — отношение малого изменения напряжения базы к вызываемому им малому изменению тока базы. А применяя для обозначения этих малых изменений милые твоему сердцу «дельты», я бы написал следующую формулу входного сопротивления.

$$r_{вх} = \frac{\Delta U_{б-э}}{\Delta I_б}.$$



Л. — Незнайкин, уж не проглотил ли ты целую гигантскую камбалу, фосфор которой заставляет твою голову так интенсивно работать? Уж коль скоро ты продемонстрировал свои способности, попробуй-ка рассчитать по одной из своих кривых величину входного сопротивления твоего транзистора?

Н. — Нет ничего проще! Для этого нужно вернуться к кривой на рис. 29, показывающей, как изменяется $I_б$ в зависимости от $U_{б-э}$. Мы видим, что при переходе от 0,5 к 0,6 *в* ток изменяется примерно на 1 *ма*, а $r_{вх}$, как известно, можно рассчитать, разделив 0,1 на 1, что даст нам 0,1 *ом*.

Л. — Не стыдно ли тебе, Незнайкин, в твои годы путать миллиамперы с амперами?

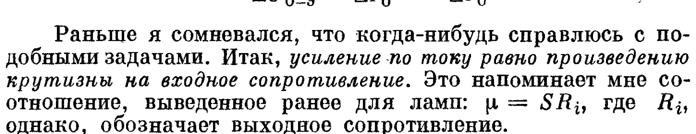
Н. — О, простите! Я должен бы разделить 0,1 *в* на 0,001 *а*, что даст $r_{вх} = 100$ *ом* [1].

Очень полезное соотношение

Л. — Вот это лучше. А чтобы наказать тебя за эту ужасную ошибку, я дам тебе решить небольшую задачу: помножь крутизну на сопротивление, используя определения этих величин.

Н. — Ну, это просто:

$$S \cdot r_{вх} = \frac{\Delta I_к}{\Delta U_{б-э}} \cdot \frac{\Delta U_{б-э}}{\Delta I_б} = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б} = \beta.$$



Раньше я сомневался, что когда-нибудь справлюсь с подобными задачами. Итак, *усиление по току равно произведению крутизны на входное сопротивление*. Это напоминает мне соотношение, выведенное ранее для ламп: $\mu = SR_i$, где R_i, однако, обозначает выходное сопротивление.

Л. — Можешь ли ты проверить, соответствует ли это равенство параметрам, которые ты рассчитал для своего транзистора?

Н. — По кривой на рис. 30 в районе 0,5 *в* крутизна составляет 500 или 600 *ма/в*, или в среднем 0,55 *а/в*. Если умножить крутизну на входное сопротивление в той же точке (а там оно

---

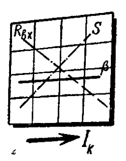
[1] Для обозначения входного сопротивления транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, более распространен символ $h_{11э}$. (*Прим. ред.*)

равно 100 *ом*), то получим 55, что почти соответствует найденной нами ранее величине усиления по току.

Л. — Все идет к лучшему в этом лучшем из миров! Заметь попутно, Незнайкин, что обычно коэффициент усиления почти не изменяется от увеличения тока коллектора. Что же касается крутизны, то, как мы видели, она возрастает при повышении тока $I_к$.

Н. — Отсюда я делаю вывод, что если наше равенство $Sr_{вх} = \beta$ остается в силе, то при увеличении тока коллектора входное сопротивление должно снижаться.

Все кривые на одном графике



Л. — Устами младенцев глаголет истина... А теперь надо тебе сказать, дорогой друг, что различными данными, распыленными по снятым тобой кривым, будет значительно легче пользоваться, если ты возьмешь на себя труд составить по результатам своих измерений график, показывающий, как изменяется ток коллектора при изменении напряжения на нем.

Н. — Если я правильно понял, речь идет о кривых, аналогичных кривым, характеризующим анодный ток в зависимости от анодного напряжения.

Л. — Совершенно верно.

Н. — А при каком напряжении на базе я должен снимать такие кривые?

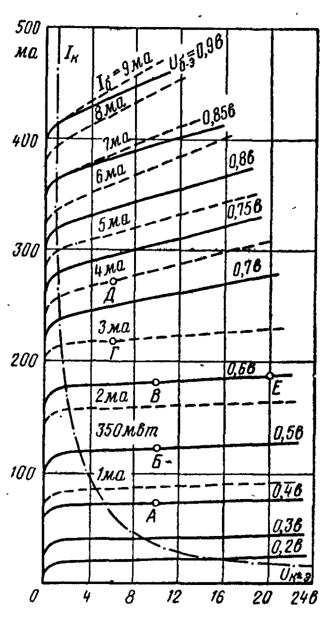
Л. — Вычерти серию кривых для ряда значений $U_{б-э}$. Установи, например, для начала 0,2 *в*. Затем, начиная с нуля, повышай постепенно напряжение на коллекторе и записывай соответствующие значения тока $I_к$ (рис. 32).

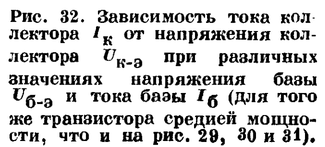
Н. — Это очень любопытно. Начиная от нуля, ток достигает величины 20 *ма* при напряжении менее 2 *в* и затем совершенно перестает нарастать, даже если напряжение на коллекторе довести до 24 *в*. Чем это объяснить?

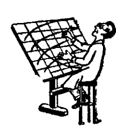
Л. — Ты столкнулся с явлением насыщения. Когда все носители зарядов, вызванные к жизни приложенным между базой и эмиттером напряжением, участвуют в образовании тока коллектора, ты можешь сколько угодно повышать напряжение коллектора...

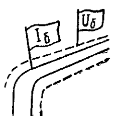
Н. — Конечно, тут уж ничем не поможешь.

Л. — Теперь, когда ты снял кривую при $U_{б-э} = 0,2$ *в*, можешь снять другие кривые, например при $U_{б-э} = 0,3$ *в* и т. д. Впрочем, ты можешь устанавливать не то или иное зна-




Рис. 32. Зависимость тока коллектора $I_к$ от напряжения коллектора $U_{к-э}$ при различных значениях напряжения базы $U_{б-э}$ и тока базы $I_б$ (для того же транзистора средней мощности, что и на рис. 29, 30 и 31).





чение *напряжения* базы, а ряд значений *тока* базы $I_б$. Кривые для такого случая показаны на рис. 32 пунктиром. Как видишь, мы можем получить два семейства кривых, показывающие зависимость тока коллектора от напряжения коллектора при различных значениях либо напряжения базы, либо тока базы. Говорят, что эти последние значения, которые устанавливаются для каждой из кривых, являются параметрами семейства характеристик.

Сходства и различия



Н. — Эти почтенные семьи во многом похожи на те семейства, которые показывают, как у вакуумных ламп анодный ток изменяется в зависимости от анодного напряжения, когда в качестве параметра принято сеточное напряжение. Особенно поразительное сходство наблюдается с пентодами (рис. 33).

Л. — Правильно, но тем не менее следует отметить два серьезных различия: во-первых, характеристики пентода как бы выходят из одной точки и затем расходятся...

Н. — ...наподобие фейерверка.



Л. — Да, если такое сравнение тебе нравится. А у транзисторов кривые очень быстро поднимаются, а затем после изгиба идут почти горизонтально. Ты лучше убедишься в этом, рассматривая характеристики транзистора малой мощности (рис. 34). Во-вторых, кривые пентода расположены плотно одна к другой при больших отрицательных значениях сеточного напряжения, а затем расстояние между соседними кривыми увеличивается. А у транзисторов при различных значениях тока базы расстояния между характеристиками (на рис. 34 проведены пунктиром) на всем протяжении примерно одинаковые. И в этом проявляется одно из преимуществ транзистора.

Н. — Почему?

Л. — А разве ты не видишь, что он будет с меньшими искажениями, чем пентод, усиливать сигналы с большой ампли-

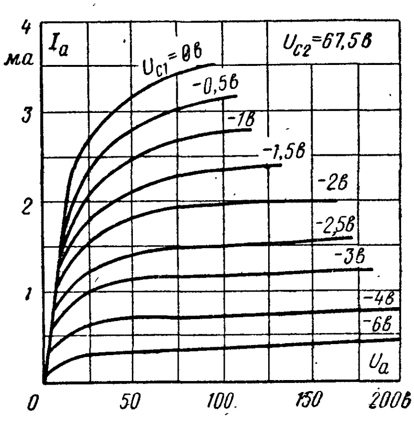


Рис. 33. Зависимость анодного тока $I_а$ пентода от анодного напряжения $U_а$ при различных значениях смещения на управляющей сетке $U_{с_1}$.

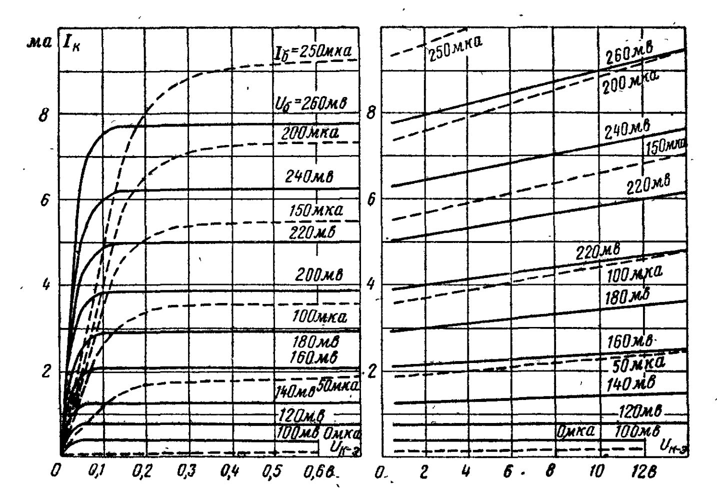
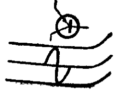


Рис. 34. Выходные характеристики транзистора малой мощности. На левом графике масштаб напряжений коллектора $U_{к\text{-}э}$ растянут, чтобы лучше показать, что происходит в области малых напряжений.

тудой? Одинаковое изменение тока базы в положительную и отрицательную стороны вызовет одинаковые изменения тока коллектора тока. У пентода же положительное и отрицательное изменения сеточного напряжения вызывают неодинаковые изменения анодного тока.



Н. — И это проявляется в тех ужасных искажениях, которые называются нелинейными. Следовательно, транзистор превосходит пентод лучшим показателем линейности. Да здравствует транзистор [1].

Использование характеристик

Л. — Я хотел бы вернуться к семейству характеристик, изображенному на рис. 32, чтобы ты лучше понял, какие полезные сведения содержатся в них о важнейших свойствах транзисторов. Пользуясь этими кривыми, ты можешь, например, определить крутизну для любого напряжения базы.

Н. — Действительно, если я, например, перехожу от напряжения базы 0,4 к 0,5 *в* (из точки *А* в точку *Б*), то ток повышается от 75 до 125 *ма*, т. е. на 50 *ма*. Следовательно, крутизна $S = 50 : 0,1 = 500$ *ма/в*.

Л. — Так же легко ты можешь определить по нашему графику и усиление по току.

Н. — Я думаю, что для этого нужно перейти с одной кривой $I_б$ на другую. Возьмем, например, точки *Г* и *Д*, для которых разница тока базы составляет 1 *ма*; ток коллектора возрастает с 220 до 275 *ма*, т. е. на 55 *ма*. Следовательно, усиление по току $\beta = 55 : 1 = 55$. Это достаточно просто... , но



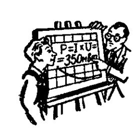
[1] Механизм нелинейных искажений в усилителях с транзисторами сложнее, чем здесь описывается. В частности, большую роль играет величина внутреннего сопротивления источника усиливаемого сигнала. Изучив этот вопрос глубже, Незнайкин, быть может, умерил бы свой восторг.

что за странная кривая спускается слева направо, которую ты пометил надписью 350 *мвт*?

Л. — Она показывает предельную мощность рассеяния транзистора. Для каждой точки этой линии произведение напряжения коллектора на величину его тока равно 350.

Н. — И правда, десяти вольтам соответствует ток 35 *ма*, а напряжению пять вольт — ток 70 *ма*. Так, значит, это граница, которую не следует переходить?

Возвращение к дельтам



Л. — Да, и эта кривая называется гиперболой. Теперь я хотел бы познакомить тебя еще с одной в высшей степени полезной характеристикой транзистора — с его *выходным сопротивлением*. Догадываешься ли ты, о чем идет речь?

Н. — Некоторое количество фосфора в моей голове еще осталось, и я попытаюсь. Я предполагаю, что речь идет о сопротивлении, которое определяет поведение тока коллектора, когда его заставляют изменяться, изменяя напряжение коллектора. Не так ли?

Л. — Очень хорошо, Незнайкин. Добавь к этому, что во время этих изменений потенциал базы остается постоянным. И продолжай свои рассуждения, думая о нашем святом Оме.

Н. — Я догадался! Выходное сопротивление представляет собой отношение напряжения коллектора к его току.

Л. — Это еще не исчерпывающее объяснение. В нем не хватает небольших значков — дельт.

Н. — При так любезно брошенной спасательной веревке я просто не могу ошибиться. Вот определение, которое способно заставить побледнеть от зависти моего старого преподавателя математики.

Выходным сопротивлением транзистора называется отношение небольшого изменения напряжения коллектора к вызываемому им изменению тока коллектора, что можно записать следующим образом:

$$r_{к} = \frac{\Delta U_{к-э}}{\Delta I_{к}}$$

(что соответствует $\Delta U_{а}/\Delta I_{а}$ для электронных ламп)[1].

Л. — Твой торжествующий вид оправдан. Съеденная тобой гигантская рыбина продолжает оказывать благотворное влияние на твои умственные способности. Не мог бы ты, основываясь, как и раньше, на графике, изображенном на рис. 32, определить выходное сопротивление нашего транзистора, ну, скажем, при $U_{б-э} = 0{,}6$ *в*.

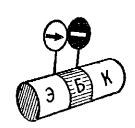
Н. — Очень просто. Возьмем точки B и E, соответствующие напряжениям 10 и 20 *в* на коллекторе, т. е. различающиеся между собой на 10 *в* ($\Delta U_{к-э} = 10$ *в*). По графику мы видим, что на этих точках ток коллектора повышается от 180 примерно до 182 *ма*, т. е. $\Delta I_{к} = 2$ *ма*, или 0,002 *а*. Следовательно, выходное сопротивление $r_{вых} = 10 : 0{,}002 = 5\ 000$ *ом*.

Л. — Прекрасно! Если бы ты рассчитал величину выходного сопротивления для бóльших значений тока, то обнаружил

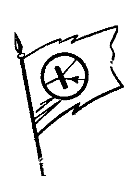
---

[1] Вместо параметра «выходное сопротивление транзистора» чаще применяют обратную величину — «выходная проводимость». Она выражается в микросименсах, т. е. в миллионных долях сименса (сименс — единица электрической проводимости). При включении транзистора по схеме с общим эмиттером выходная проводимость обозначается символом $h_{22э}$. (*Прим. ред.*)

бы, что оно еще меньше. Но не забывай, что мы имеем дело с транзистором средней мощности. Если бы мы взяли маломощный транзистор с такими характеристиками, какие показаны, например, на рис. 34, то величина выходного сопротивления оказалась бы намного большей. Действительно, эти кривые почти горизонтальны, а даже большое увеличение $U_{К-Э}$ вызывает лишь незначительный прирост тока $I_К$ и их частное выражается величиной в несколько миллионов ом.



Н. — Какое странное создание этот транзистор, у которого входное сопротивление низкое, а выходное — высокое. Можно подумать, что он нарочно сделал это, чтобы показать нос электронным лампам... А, я догадался! Входное сопротивление мало потому, что по переходу эмиттер — база ток проходит в прямом направлении, а через переход база — коллектор току приходится идти в обратном направлении, преодолевая переход с трудом; поэтому выходное сопротивление и получается высоким.



Л. — Это совершенно законное рассуждение, но я опасаюсь, что твои сегодняшние запасы фосфора подходят к концу и твое входное сопротивление становится колоссальным.

ВЫБОР ТИПОВ ТРАНЗИСТОРОВ И РАБОТА С НИМИ [1]

Выбор транзисторов для различных каскадов. В предварительных каскадах усиления низкой частоты практически могут применяться маломощные транзисторы любых типов. Лишь в первом каскаде высокочувствительных усилителей рекомендуется применять транзисторы с малыми шумами (например, МП39Б). Если усиление первого каскада мало, то малошумящий транзистор может потребоваться и во втором каскаде. Для снижения собственных шумов транзисторов полезно ставить их в облегченный режим (ток эмиттера порядка 0,3 *ма* и напряжение коллектора 1—2 *в*).

Кремниевые транзисторы в своей массе обладают худшими электрическими характеристиками, чем германиевые; потому их применение оправдано лишь в случае работы при температуре выше 70° С или при необходимости иметь особо малые начальные токи.

В резонансных усилителях высокой и промежуточной частоты, а также в высокочастотных генераторах следует применять транзисторы, граничная частота передачи тока или максимальная частота генерирования которых по крайней мере в 3—5 раз превышает наивысшую рабочую частоту [2].

Замена транзистора в налаженной схеме другим, даже превосходящим первый по всем параметрам, может потребовать подстройки колебательных контуров и подбора вновь элементов нейтрализующей цепочки, без чего возможно резкое ухудшение работы каскада и даже самовозбуждение.

Взаимозамена транзисторов в оконечных каскадах усиления низкой частоты возможна в рамках родственных подтипов или за счет применения транзисторов, рассчитанных на бо́льшую мощность, чем заменяемый. Для двухтактных каскадов следует подбирать пары транзисторов с близкими значениями коэффициента передачи тока при большом коллекторном токе.

---

[1] Л а б у т и н В. К. Транзисторы (новая редакция). Изд-во «Энергия», 1962. (Массовая радиобиблиотека).

[2] Граничной частотой передачи тока условно принято считать такую высокую частоту, при которой коэффициент передачи тока уменьшается в $\sqrt{2} = 1{,}41$ раза по сравнению с его значением на низких частотах. Так, например, граничная частота передачи тока наиболее распространенных в радиолюбительской практике транзисторов типов МП40 и МП41 — 1 *Мгц*.

Максимальная частота генерирования — это наибольшая частота колебаний, которые способен генерировать транзистор при типовом рекомендуемом заводом-изготовителем напряжении питания. Можно считать, что это максимальная частота, при которой транзистор данного типа способен давать усиление мощности.

Для транзисторов П402 и П422 максимальная частота генерирования 60 *Мгц*, а для транзисторов П403 и П423 — 120 *Мгц*. (*Прим. ред.*)

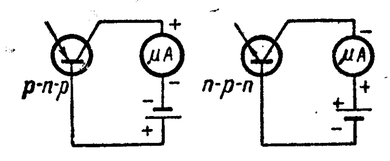


Рис. 1. Схемы измерения обратного тока коллектора транзисторов структуры *p-n-p* и *n-p-n*.

При любых заменах транзистора одного типа другим необходимо следить за тем, чтобы предельные режимы вновь выбранного типа транзистора допускали его применение в данном каскаде.

Простейшие способы проверки транзисторов. Целостность и качество *p-n* переходов транзистора можно оценить измерением обратного тока этих переходов с помощью подходящего микроамперметра (рис. 1); при этом напряжение батареи не должно превышать допустимого для данного *p-n* перехода значения. Обратный ток должен быть в пределах норм, указываемых в справочниках по транзисторам. При такой проверке надо соблюдать правильную полярность включения батареи в соответствии со структурой проверяемого транзистора.

Оценку коэффициента передачи тока проще всего произвести при помощи схемы, приведенной на рис. 2.

Коэффициент передачи тока приближенно равен:

$$h_{21э} = \frac{I_к R}{E},$$

где E — напряжение источника питания (3—4,5 *в*);

$I_к$ — измеренное миллиамперметром *mA* значение тока коллектора, *ма*;

R — сопротивление резистора, включенного в цепь базы, *ком*.

Во избежание повреждения транзистора начинать измерение надо с большим сопротивлением резистора R (порядка 180—470 *ком*), постепенно уменьшая его, если ток коллектора оказывается малым.

Важнейшие правила эксплуатации транзисторов. Для предотвращения механических повреждений транзисторов следует осторожно обращаться с их выводами, не подвергать выводы многократным перегибам, избегать острых углов перегиба, производить изгиб выводов лишь на расстоянии не менее нескольких миллиметров от транзистора. Хотя транзисторы в целом обладают высокой механической прочностью, все же их следует оберегать от падения.

При эксплуатации в условиях вибраций (на транспорте) транзисторы всех типов необходимо прочно крепить за корпус.

Наиболее опасным для транзисторов является воздействие высокой температуры. Поэтому необходима предосторожность при впаивании транзисторов в схему и при работе паяльником вблизи смонтированных транзисторов.

Подпаивать выводы транзисторов надо быстро (в течение 2—3 *сек*) на возможно большем расстоянии от корпуса. Желательно применять низкотемпературные припои и маломощные паяльники. Во время пайки между припаиваемой точкой вывода и корпусом транзистора надо создавать теплоотвод, например пережимать припаиваемый вывод губками, плоскогубцами, причем отпускать плоскогубцы надо лишь после остывания места пайки.

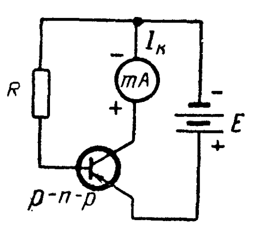


Рис. 2. Простейшая схема измерения коэффициента передачи тока. В случае транзистора структуры *n-p-n* полярности источника питания и миллиамперметров обратны.

Опасен перегрев транзистора и во время работы, он может произойти в результате расположения транзистора вблизи других выделяющих тепло элементов (ламп, трансформаторов и т. п.) или за счет собственного тепловыделения транзистора. Конструируя аппаратуру с транзисторами, следует продумывать условия общего теплообмена разрабатываемого прибора с внешней средой, предусматривая отверстия для выхода теплого воздуха из корпуса прибора. Эти меры особенно необходимы в приборах с большим суммарным потреблением мощности.

Нормальная работа мощных транзисторов, как правило, требует применения радиаторов (теплоотводящих устройств). Радиаторами могут служить

металлические шасси, на которых крепятся транзисторы или пластины из красной меди или алюминия. Эффективность отвода тепла зависит от общей поверхности радиатора; поэтому для экономии места выгодно делать радиаторы ребристыми.

Хороший теплоотвод достигается только при условии, что между соприкасающимися поверхностями корпуса транзистора, с одной стороны, и шасси или радиатором, с другой, нет воздушных прослоек. Эти части поверхностей рекомендуется тщательно прошлифовать.

Ввиду того что у большинства мощных транзисторов с корпусом соединен коллектор, транзистор часто приходится изолировать от теплоотводящего устройства. Для того чтобы при этом не слишком ухудшить теплопередачу, в качестве изоляционной прокладки используют тончайший листок слюды.

Если транзистор крепят не на шасси, а на отдельной теплоотводящей пластине или на радиаторе иной конструкции, следует последний изолировать от шасси, а не транзистор от радиатора.

КАНАЛЬНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ [1]

За последние годы у нас и за рубежом сделано много важных открытий в области полупроводниковой электроники. Ученые не только усовершенствовали уже существующие полупроводниковые приборы, но и создали ряд принципиально новых оригинальных диодов и триодов. Эти новые чудесные малютки во многом значительно превосходят своих «старших братьев» — обычные кремниевые и германиевые диоды и транзисторы, которым пришлось потесниться, сдав ряд позиций бойким «новичкам».

Одним из таких новейших достижений явилась разработка канальных транзисторов, которые иногда также называют полевыми. Совсем недавно они встречались лишь на столах экспериментаторов, а сейчас эти транзисторы находят все более широкое применение в технике. Помимо хорошо известных достоинств обычных транзисторов (экономичность, долговечность, малые размеры и т. д.), канальные транзисторы обладают огромным входным сопротивлением и малыми собственными шумами. Они отличаются высокой радиационной устойчивостью и высокой термостабильностью. Поэтому канальные транзисторы очень удобны для самых различных устройств радиоэлектроники и автоматики.

Различные типы канальных транзисторов можно объединить в две основные группы: транзисторы с *p-n* переходом и транзисторы с изолированным затвором. В тех и других используется так называемый полевой эффект — изменение проводимости полупроводникового материала под воздействием электростатического поля, управляющего величиной тока в приборе. Работа канальных транзисторов во многом напоминает процессы, протекающие в электронных лампах, где управление анодным током осуществляется с помощью поля, создаваемого напряжением управляющей сетки.

На рис. 1 показаны принцип устройства и схема включения канального транзистора с каналом *p*-типа (с дырочной электропроводностью), а также его условное обозначение на радиосхемах.

Он состоит из кремниевого кристалла *1* с торцевыми электрическими контактами *2* и *3*, которые получили название «сток» и «исток». На двух противоположных гранях кристалла с помощью соответствующих примесей сформированы две области с электропроводностью *n*-типа и расположены контакты *4*, соединенные друг с другом. Эти области служат управляющим электродом канального транзистора и носят название «затвора». «Сток», «исток» и «затвор» у канального транзистора соответствуют аноду, катоду и управляющей сетке электронной лампы.

На схематической модели канального транзистора (рис. 1) показано, что в промежутке между двумя *p-n* переходами находится область, получившая название «канала». Пусть напряжение на затворе $U_з$, т. е. напряжение между

[1] Автор В. А. Ломанович.

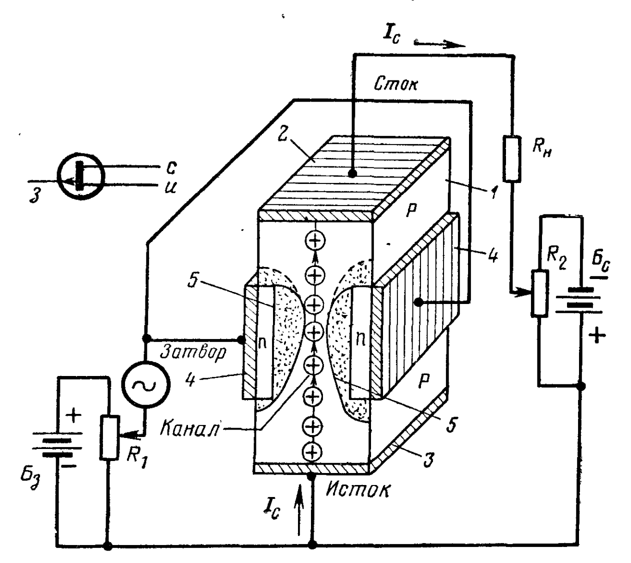


Рис. 1. Канальный транзистор с каналом p-типа, его условное обозначение и схема включения для усиления колебаний.

затвором и истоком равно нулю (ползунок потенциометра R_1 в нижнем положении). Если между стоком и истоком приложено напряжение от батареи $Б_с$, то в канале кристалла может происходить движение дырок (носителей положительных зарядов). Согласно закону Ома величина тока в цепи стока $I_с$, т. е. тока в канале, определяется напряжением, снимаемым с потенциометра R_2, сопротивлением нагрузочного резистора $R_н$ и сопротивлением канала между электродами *2* и *3*. При увеличении напряжения стока $U_с$, т. е. напряжения между стоком и истоком, например, с помощью потенциометра R_2, ток стока не будет возрастать пропорционально напряжению, что объясняется изменением сопротивления канала. С увеличением напряжения потенциалы различных точек канала увеличиваются и возрастает напряжение на *p-n* переходах. Это напряжение является обратным, так как потенциалы различных точек канала отрицательны, а канал имеет электропроводность *p*-типа. Известно, что при увеличении обратного напряжения область *p-n* перехода расширяется и толщина запирающего слоя *5*, обедненного подвижными носителями, возрастает.

На рис. 1 показаны две области запирающего слоя *5*, возникающие около *p-n* переходов. Клинообразная форма их обусловлена увеличением отрицательного потенциала, а следовательно, и обратного напряжения по направлению к стоку. Ввиду отсутствия подвижных носителей зарядов в областях запирающего слоя *5* поток дырок от истока к стоку может двигаться только через канал, расположенный между этими обедненными областями. При увеличении тока стока, а следовательно, и падения напряжения вдоль канала обратное напряжение переходов растет, канал становится тоньше и его сопротивление возрастает.

При некотором напряжении стока ток стока, достигнув некоторого максимального значения $I_{с.\,макс}$, при дальнейшем увеличении напряжения $U_с$ перестает возрастать, сохраняя почти постоянную величину, т. е. наступает насыщение. Оно объясняется тем, что последующее увеличение напряжения стока приводит к такому сужению канала, которое препятствует заметному приращению тока стока.

Подадим теперь на затвор обратное напряжение от батареи $Б_з$ и будем его увеличивать с помощью потенциометра R_1. Тогда будут расширяться об-

ласти запирающего слоя, канал станет еще тоньше, сопротивление его увеличится и ток стока уменьшится. При некотором напряжении U_0, называемом напряжением отсечки, канал между истоком и стоком может быть полностью перекрыт и ток будет практически равен нулю. Очевидно, что, регулируя напряжение затвора, можно управлять шириной канала и током стока. Пусть в цепь затвора последовательно с источником постоянного напряжения включен источник переменной э. д. с., т. е. источник усиливаемых колебаний. Тогда ток стока

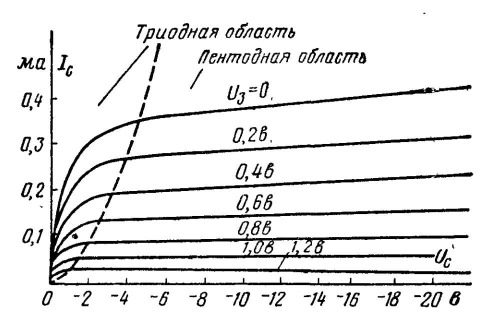


Рис. 2. Семейство стоковых характеристик канального транзистора с каналом *p*-типа.

будет изменяться соответственно изменениям переменной э. д. с., действующей на входе транзистора, а на нагрузочном резисторе $R_н$ получается усиленное переменное напряжение. В такой схеме обеспечивается огромное усиление по мощности, так как входной ток очень мал вследствие того, что обратное сопротивление *p-n* переходов очень велико.

На рис. 2 изображен пример семейства стоковых характеристик канального транзистора с каналом *p*-типа. Они очень напоминают анодные характеристики вакуумного пентода. Характеристики, приведенные на рис. 2, сняты при различных напряжениях затвора $U_з$ и наглядно показывают зависимость тока стока I_c от напряжения стока U_c. При малых напряжениях U_c в так называемой триодной или омической области (на рис. 2 граница ее показана штриховой линией) ток I_c сильно зависит от U_c, а при дальнейшем увеличении U_c в так называемой пентодной области (или области насыщения) приращение тока почти прекращается, так как сопротивление канала резко возрастает, ограничивая ток стока. Пентодная область характеристик канального транзистора простирается от напряжения насыщения до напряжения пробоя *p-n* перехода, которое у современных канальных транзисторов широкого применения обычно не менее 30 *в*.

Основным параметром, характеризующим усилительные свойства канального транзистора (так же как и электронной лампы), является крутизна S, показывающая эффективность воздействия напряжения затвора на ток стока:

$$S = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_з} \quad \text{при} \quad U_c = \text{const}.$$

Крутизна у современных низкочастотных канальных транзисторов находится в пределах от 0,5 до 1,5 *ма/в* (в зависимости от типа прибора), у высокочастотных транзисторов она достигает 3—4 *ма/в*. Максимальной величины она достигает при нулевом напряжении затвора.

Носителями тока в канальных транзисторах являются заряды определенного знака. Например, у транзисторов с каналом *p*-типа (рис. 1) в переносе зарядов практически участвуют только дырки, а у транзисторов с каналом *n*-типа перенос тока осуществляется электронами. Поэтому напряжение стока транзистора с каналом *n*-типа должно быть положительным, а напряжение затвора — отрицательным. На рис. 3 приведено условное обозначение транзистора с каналом *n*-типа.

Рис. 3. Условное обозначение канального транзистора с каналом *n*-типа.

На рис. 1 принцип устройства канального транзистора показан схематически. Практически канальные транзисторы чаще всего имеют плоскую конструкцию, и тогда электроды делаются кольцевой и дисковой формы или в виде полосок прямоугольной формы. Возможна также цилиндрическая конструкция, в которой затвор в виде кольца охватывает тонкий канал.

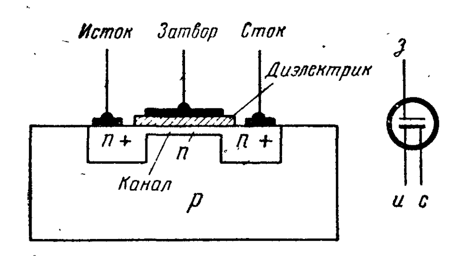


Рис. 4. Канальный транзистор с изолированным затвором и его условное обозначение.

Новейшим типом канальных транзисторов являются приборы с изолированным затвором, имеющие структуру: металл — окисел — полупроводник (сокращенно МОП). У них *p-n* переход заменен окисным слоем (диэлектрик), на котором размещен управляющий электрод (затвор). Такие транзисторы иногда обозначают буквами МДП (от слов металл — диэлектрик — полупроводник).

На рис. 4 изображено схематически устройство канального транзистора с изолированным затвором. Основанием прибора служит кремниевая пластина с электропроводностью типа *p*. В ней созданы две области с электропроводностью типа *n* с повышенной концентрацией электронов, что обозначено символом n^+. Эти области являются истоком и стоком и от них сделаны выводы. Между истоком и стоком создан тонкий приповерхностный канал, имеющий также электропроводность *n*-типа. На поверхности канала имеется диэлектрический слой двуокиси кремния толщиной порядка 0,1 *мкм*. Сверху диэлектрического слоя расположен затвор в виде тонкой металлической пленки.

Если при нулевом напряжении затвора между истоком и стоком приложено напряжение любой полярности, то через канал протекает ток, представляющий собой поток электронов. Через основание ток не пойдет, так как один из *p-n* переходов находится под обратным напряжением. При подаче на затвор отрицательного напряжения относительно истока в канале создается электрическое поле, под влиянием которого электроны проводимости выталкиваются из канала в основание. Канал обедняется электронами, сопротивление его увеличивается, и ток уменьшается. Чем больше отрицательное напряжение затвора, тем меньше ток, что совершенно аналогично процессу в электронной лампе. Такой режим транзистора называют режимом обеднения.

Если же на затвор подать положительное напряжение, то под влиянием электрического поля, созданного в канале этим напряжением, в канал будут приходить электроны, его проводимость увеличится и ток стока возрастет. Этот режим, в какой-то степени аналогичный случаю подачи положительного напряжения на сетку электронной лампы, называют режимом обогащения.

Рассмотренный транзистор с проводящим каналом таким образом может работать как в режиме обеднения, так и в режиме обогащения. Его стоковые характеристики показаны на рис. 5. Если взято основание с электропроводностью *n*-типа; то канал будет *p*-типа и полярность напряжений должна быть противоположной. В отличие от обычных канальных транзисторов для транзисторов с изолированным каналом весьма характерно, что входное сопротивление остается очень высоким при любой полярности напряжения затвора. Существуют также канальные транзисторы с изолированным затвором, работающие только в режиме обогащения.

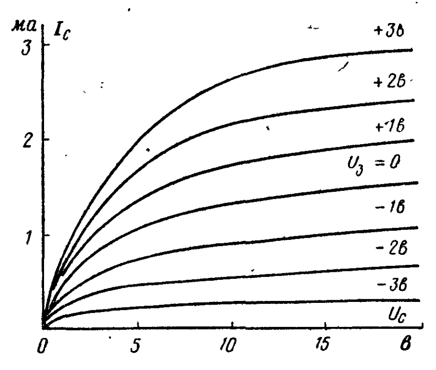


Рис. 5. Стоковые характеристики канального транзистора с изолированным затвором и каналом *n*-типа.

МОП-транзисторы имеют входное сопротивление до 10^{12}—10^{15} *ом*, а емкости затвор — исток и затвор — сток составляют единицы пикофарад.

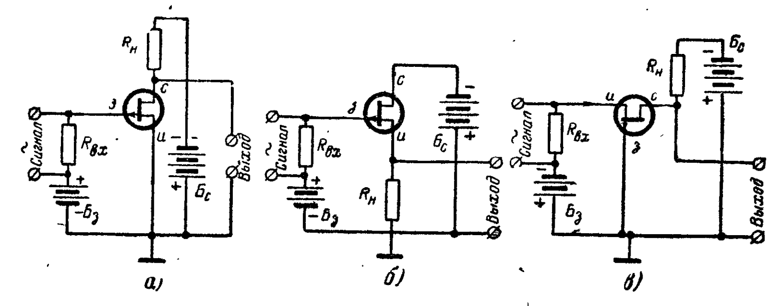


Рис. 6. Основные схемы включения канального транзистора с каналом *p*-типа.

Крутизна у них достигает единиц миллиампер на вольт. Выходное, т. е. внутреннее, сопротивление в рабочем режиме имеет величину от десятков до сотен килоом. Эти транзисторы обладают хорошими частотными, температурными и радиационными свойствами, а также создают значительно меньшие собственные шумы, нежели обычные транзисторы. В настоящее время МОП-транзисторы стали широко использоваться в качестве элементов различных схем в микроэлектронике.

Остановимся теперь на основных схемах включения канальных транзисторов. Они подобно обычным транзисторам могут включаться в усилительных устройствах по трем различным схемам: с общим истоком, общим стоком и общим затвором.

Усилительный каскад с общим истоком представлен на рис. 6, *а*. Входной сигнал поступает на участок затвор — исток, а выходной снимается с участка сток — исток. Среднее напряжение на затворе определяется напряжением смещения, получаемым с батареи $Б_з$. Исток является общим электродом для входного и выходного сигналов. При подаче напряжения на вход схемы напряжение на затворе меняется относительно своего среднего значения. Такие же изменения с напряжением, но с значительно большей амплитудой происходят на нагрузке $R_н$. Подобный каскад с общим истоком обладает высокими значениями входного и выходного сопротивлений и обеспечивает максимальное усиление по напряжению при минимальном смещении на затворе. Обычно такой каскад используется для работы с малыми сигналами, так как при повышении входного напряжения возрастают искажения, обусловленные зависимостью крутизны характеристики от напряжения на затворе.

На рис. 6, *б* показан усилительный каскад с общим стоком (истоковый повторитель). Он аналогичен ламповому катодному повторителю или эмиттерному повторителю, выполненному на обычном транзисторе. Входной сигнал поступает на участок между затвором и стоком, а выходной снимается с нагрузки, включенной в провод истока. Таким образом, сток служит общим электродом для входного и выходного сигналов.

Истоковый повторитель отличается высоким входным и сравнительно малым выходным сопротивлениями. Его часто применяют для согласования высокоомных источников сигнального напряжения с низкоомной нагрузкой, например, в качестве предварительного каскада усилителей, выполненных на обычных транзисторах. Большим достоинством истокового повторителя является возможность его использования для усиления как слабых, так и сильных сигналов.

Каскад по схеме с общим затвором приведен на рис. 6, *в*. Он аналогичен ламповому каскаду с общей сеткой или транзисторному каскаду с общей базой. Входной сигнал приложен между истоком и затвором, а выходное напряжение снимается с участка сток — затвор. Эта схема характеризуется низким входным и высоким выходным сопротивлениями. Ее можно использовать для согласования низкоомных источников сигнального напряжения с различными высокоомными цепями, например в транзисторно-ламповых схемах.

Приведенные на рис. 6 схемы применимы для транзисторов с каналом p-типа. Для транзисторов с каналом n-типа полярность питающих напряжений должна быть обратной.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ[1]

Условные обозначения типов полупроводниковых приборов, установленные действующим Государственным стандартам (ГОСТ 10862-64), содержат значительно больше информации об их конструкции, параметрах и областях возможного применения, чем обозначения электровакуумных приборов.

Начинается обозначение с буквы, указывающей, какой в приборе используется полупроводниковый материал: Г — германий, К — кремний, А — арсенид галлия. В обозначениях некоторых полупроводниковых приборов буква Г заменена цифрой 1, а буква К — цифрой 2.

Вторая буква и следующая за ней цифра обозначают разновидность прибора и характеризуют его назначение:

Д1 — диод выпрямительный малой мощности.

Д2 — диод выпрямительный средней мощности.

Д3 — диод выпрямительный большой мощности.

Д4 — диод универсального применения.

Д5 — диод импульсный.

Ц1 — выпрямительный столб малой мощности — несколько электрически соединенных между собой и объединенных конструктивно диодов.

Ц2 — то же средней мощности.

Ц3 — выпрямительный блок малой мощности.

Выпрямительными диодами, блоками, столбами малой мощности считаются приборы, с помощью которых в однополупериодной схеме без конденсатора на входе сглаживающего фильтра можно получить выпрямленный ток не более 0,3 *а*, средней мощности — на ток свыше 0,3 *а*, но не более 10 *а* и большой мощности — на ток более 10 *а*.

А1 — А6 — диоды различного назначения для работы на СВЧ (сверхвысоких частотах).

В1 — варикапы — диоды, предназначенные для использования в качестве переменной емкости (только кремниевые).

И2 — туннельные диоды генераторные.

И3 — туннельные диоды переключающие.

Т1 — транзисторы малой мощности низкочастотные.

Т2 — то же среднечастотные.

Т3 — то же высокочастотные.

Т4 — транзисторы средней мощности низкочастотные.

Т5 — то же среднечастотные.

Т6 — то же высокочастотные.

Т7 — транзисторы большой мощности низкочастотные.

Т8 — то же среднечастотные.

Т9 — то же высокочастотные.

Транзисторами малой мощности считаются транзисторы с номинальной электрической мощностью рассеяния не более 0,3 *вт*, средней мощности — свыше 0,3 *вт*, но не более 1,5 *вт*, и большой мощности — более 1,5 *вт*.

Низкочастотными считаются транзисторы с предельной частотой усиления не выше 3 *Мгц*, среднечастотными — более 3 *Мгц*, но не выше 30 *Мгц*, и высокочастотными — с предельной частотой усиления более 30 *Мгц*.

У1 — тиристоры (управляемые переключающие приборы) малой мощности — с допустимым током переключения до 0,3 *а*.

У2 — то же средней мощности — с допустимым током переключения свыше 0,3 *а*, но не более 10 *а*.

---

[1] Автор Р. М. Малинин.

У3 — то же большой мощности — с допустимым током переключения более 10 *а*.

Ф1 — фотодиоды — диоды, ток через которые изменяется от действия света или иных источников лучистой энергии.

Ф2 — фототранзисторы.

Последние две цифры в обозначении полупроводникового прибора любого из перечисленных выше видов являются порядковым номером разработки прибора.

После этих цифр может быть буква, обозначающая группу (разновидность по значению электрических параметров) прибора данного технологического типа. Например: для кремниевого выпрямительного диода средней мощности КД202Б допустимая амплитуда обратного напряжения равна 50 *в*, а для диода КД202В такой же конструкции 100 *в*; малогабаритный германиевый высокочастотный диод малой мощности ГТ309А может иметь коэффициент усиления по току в пределах 20—70, а транзистор ГТ309Б такой же конструкции — 60—180.

Система обозначения стабилитронов — кремниевых диодов, используемых для поддержания питающих напряжений на неизменном уровне, иная. По содержащемуся в обозначении трехзначному числу можно узнать порядок величин мощности рассеяния и напряжения стабилизации.

Стабилитронам малой мощности (рассеиваемая мощность не более 0,3 *вт*) присваивают следующие обозначения:

КС101 — КС199 — напряжение стабилизации до 9,9 *в*.

КС210 — КС299 — напряжение стабилизации 10—99 *в*.

КС300 — КС399 — напряжение стабилизации 100—199 *в*.

Стабилитронам средней мощности (допустимая мощность рассеяния свыше 0,3 *вт*, но не более 5 *вт*) присваивают следующие обозначения:

КС401 — КС499 — при напряжении стабилизации до 9,9 *в*.

КС510 — КС599 — при напряжении стабилизации 10—99 *в*.

КС600 — КС699 — при напряжении стабилизации 100—199 *в*.

Стабилитронам большой мощности (допустимая мощность рассеяния более 5 *вт*) присваивают следующие обозначения:

КС701 — КС799 — при напряжении стабилизации до 9,9 *в*.

КС810 — КС899 — при напряжении стабилизации 10—99 *в*.

КС900 — КС999 — при напряжении стабилизации 100—199 *в*.

Буква в конце обозначения стабилитрона указывает последовательность его разработки.

В обозначении стабилитронов некоторых типов вместо буквы К в начале имеется цифра 2.

Кроме того, имеются в продаже, выпускаются из производства и используются в радиоэлектронной аппаратуре диоды полупроводниковые и транзисторы с обозначениями по иной системе, которая использовалась до введения вышеупомянутого ГОСТ.

Диоды:

Д1, Д2, Д9—Д20 — германиевые точечные.

Д7 — германиевые выпрямительные сплавные малой мощности.

Д101 — Д106 — кремниевые точечные.

Д202 — Д248 — кремниевые выпрямительные сплавные малой и средней мощности.

Д302 — Д305 — германиевые выпрямительные сплавные средней мощности.

Д401 — Д407 — германиевые и кремниевые точечные для работы в диапазоне СВЧ.

Д808 — Д811, Д813, Д814 — стабилитроны кремниевые малой мощности.

Д815 — Д817 — стабилитроны кремниевые средней и большой мощности.

Д901 — Д902 — варикапы кремниевые.

Д1004 — Д1011 — блоки и столбы выпрямительные, составленные из кремниевых диодов

Транзисторы:

П4 — германиевые сплавные большой мощности, низкочастотные.

П5 — П11, П13 — П16, МП13 — МП16, МП20, МП21, П25 — П26. МП25 — МП26, МП36 — МП41, П42 — германиевые сплавные малой мощности низкочастотные.

П12, П29, П30 — то же среднечастотные.

П101 — П106, МП111 — МП113 — кремниевые сплавные малой мощности низкочастотные.

П201 — П203, П209, П210, П213 — П217 — германиевые сплавные большой мощности низкочастотные.

П302 — П306 — кремниевые сплавные большой мощности низкочастотные.

П401 — П403, П414 — П416, П422, П423 — германиевые диффузионные малой мощности высокочастотные.

П406, П407 — германиевые сплавные малой мощности среднечастотные.

П601, П602, П605, П606 — германиевые конверсионные средней мощности среднечастотные.

П607 — П609 — то же высокочастотные.

П701 — П702 — кремниевые сплавные большой мощности среднечастотные.

Буква М в начале обозначения полупроводникового прибора указывает, что части его корпуса соединены прогрессивным технологическим методом — применением так называемой холодной сварки. Эти транзисторы имеют такие же электрические параметры, как и транзисторы с тем же номером, но без буквы М (при их изготовлении применяется электросварка).

После трехзначного числа может быть буква, обозначающая группу диода или транзистора данного технологического типа.

ЛИТЕРАТУРА

Кубаркин Л. В. Рассказ о радиоэлектронике. Изд-во «Энергия», 1965 (Массовая радиобиблиотека), 256 стр.

Эта книга — лебединая песнь талантливого популяризатора и пропагандиста радиотехнических знаний Леонтия Владимировича Кубаркина. Он умер через полгода после ее выхода в свет, 6 июля 1966 г.

Начав работать еще в журнале «Радиолюбитель» как конструктор радиолюбительской аппаратуры, а затем заведующим лабораторией, Л. В. Кубаркин стал профессиональным журналистом. Он писал статьи, брошюры и книги для радиолюбителей и на протяжении сорока лет неутомимой работы снискал широкую популярность среди ряда поколений радиолюбителей.

В последней своей книге Л. В. Кубаркин подводит итог достижений в области радиоэлектроники. Первая часть поможет читателю освежить и в какой-то степени осовременить свои знания в той области физических явлений, которая нужна для понимания радиоэлектроники. Вторая часть книги содержит обзор технических средств радиоэлектроники. В третьей части дается обзор практического применения средств радиоэлектроники (радиосвязь, радиовещание, телевидение, радионавигация, радиоастрономия, кино, автоматика, бионика, медицина, геология и т. д.). Написанная интересно, доступно, хорошим литературным языком эта книга полезна всем, интересующимся достижениями радиоэлектроники.

Борисов В. Г., Отряшенков Ю. М. Юный радиолюбитель, изд. 4-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Седьмая беседа книги посвящена электронным лампам и полупроводниковым приборам, а двадцатая — фотоэлементам, неоновым лампам, электромагнитным реле. В двадцать первой беседе рассказано об основных схемах включения и параметрах транзисторов.

Двадцать вторая беседа «Электронная автоматика дома и в школе» содержит описания электромагнитных реле, электронных реле, электронного переключателя елочных гирлянд, электронного реле времени,

фотореле, автоматики аквариума и модели кибернетического автомобиля.

Готовится новое, пятое издание.

Зайцев В. А., Третьяков В. А. Срок службы радиоламп. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 24 стр.

Надежность и долговечность ламп в значительной степени зависят от правильной их эксплуатации: надо уметь ставить их в наиболее долговечный режим. В брошюре даются практические рекомендации по увеличению срока службы и надежности электровакуумных приборов.

Зельдин Е. А. Зарубежные приемно-усилительные лампы. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 96 стр.

Краткие справочные сведения о зарубежных лампах широкого применения. Для большинства из них указываются аналоги ламп отечественного производства.

Радиолюбительский справочник. Под общ. ред. Д. П. Линде. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

В этом справочнике, предназначенном для широкого круга радиолюбителей, четвертая и пятая главы посвящены электровакуумным и полупроводниковым приборам.

Фишер Г. И. Транзисторная техника для радиолюбителей, пер. с немец. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 184 стр.

Цель книги — познакомить читателя с принципами работы транзисторов и их применением в радиотехнике. Приводятся простые методы расчета и построения радиотехнических схем на транзисторах. Методы расчета иллюстрированы примерами. Рассказано о шумах транзисторов, методах измерения параметров транзисторов.

В конце книги приведены таблицы параметров зарубежных транзисторов.

Айсберг Е. Транзистор?.. Это очень просто! Пер. с франц., под общ. ред. В. К. Лабутина, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1967. (Массовая радиобиблиотека), 144 стр.

Книга написана в форме бесед между двумя друзьями, в процессе которых объясняется устройство, работа и применение транзисторов.

В «Хрестоматии радиолюбителя» даны выдержки из этой интересной книги.

Васильев В. Радиолюбителю о транзисторах. Изд-во ДОСААФ, 1967, 239 стр.

Книга в доступной форме знакомит радиолюбителей с основами транзисторной техники, типами транзисторов, основными схемами каскадов на транзисторах и, наконец, с усилительной, приемной и измерительной аппаратурой на транзисторах.

Наряду с простыми, приближенными расчетными формулами приводятся конечные результаты расчета характеристик транзисторов и схем.

Еркин А. М. Лампы с холодным катодом. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 80 стр.

Рассматриваются физические процессы в лампах с холодным катодом (неоновые лампы, стабилитроны, тиратроны) и их характеристики. Даются практические схемы применения ламп с холодным катодом.

Жеребцов И. П. Основы электроники, изд 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека. Учебная серия), 416 стр.

В шестнадцати главах этого популярного учебника рассматриваются физические основы работы электровакуумных и полупроводниковых приборов, их важнейшие свойства, характеристики и параметры, а также некоторые общие вопросы применения этих приборов в радиоэлектронных схемах. Особенно подробно рассматривается работа ламп в усилительных каскадах.

Книга предназначена для радиолюбителей и широкого круга читателей, интересующихся электроникой и имеющих элементарные знания по физике и электронике. Математический материал сведен к минимуму, и во многих местах он может быть пропущен без ущерба для усвоения основных сведений.

Кублановский Я. С. Схемы на четырехслойных полупроводниковых приборах. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 24 стр.

Полупроводниковые приборы с *p-n-p-n* структурой (тиристоры) об-

ладают большим сопротивлением в запертом и весьма малым в отпертом состоянии.

В брошюре рассматриваются принципы действия и характеристики тиристоров и описываются практические схемы на этих приборах (импульсные генераторы, переключатели, триггеры и др.).

Рассчитана на руководителей радиокружков и подготовленных радиолюбителей.

Лабутин В. К. Полупроводниковые диоды, изд. 2-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 32 стр.

Брошюра является кратким справочником по полупроводниковым диодам отечественного производства. Даются классификация полупроводниковых диодов, электрические параметры, указания по применению, приводится цветная маркировка полупроводниковых диодов.

Лабутин В. К. Транзисторы, изд. 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 32 стр.

Краткий справочник по маломощным высокочастотным и низкочастотным транзисторам и мощным низкочастотным транзисторам отечественного производства.

Приводится классификация транзисторов, их электрические параметры и даются указания по применению.

Ежегодник радиолюбителя. Под общ. ред. Э. Т. Кренкеля. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека).

В справочном разделе книги имеется материал о полупроводниковых и электровакуумных приборах, выпускаемых нашей промышленностью.

Смирнов А. Д. Электроника в быту. Изд-во ДОСААФ, 1968, 68 стр.

Книга предназначена для начинающих радиолюбителей. Вначале она знакомит читателей с элементами автоматических устройств: электромагнитными реле, шаговыми искателями и схемами их включения. Затем даются описания ряда приборов для применения в быту: емкостные реле на электронных лампах, электронные часы-автомат, электронный замок с кодовым управлением, автоматы для переключения елочных гирлянд. Заключительная глава содержит описания автоматических устройств для фотографии.

Голубев Ю. Л., Жукова Т. В. Электровакуумные приборы. Справочник (100 приемно-усилительных ламп). Под общ. ред. Ф. И. Тарасова. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 296 стр.

В справочнике, предназначенном для широкого круга радиолюбителей, даны параметры, характеристики, цоколевки, размеры и рекомендации по применению 100 приемно-усилительных ламп, наиболее часто используемых в различной радиоаппаратуре. Для большинства ламп приводятся практические схемы их применения в различных каскадах радиоустройств.

Кауфман М. С. Электронные приборы. Учебник для техникумов, изд. 3-е. Изд-во «Энергия», 1970, 412 стр.

Изложены теория работы и основы расчета электровакуумных приборов, описаны конструкции, рассказано о параметрах, характеристиках и конструктивных особенностях приборов.

Леонтьев В. Ф. Зарубежные транзисторы широкого применения. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 88 стр.

Книга содержит таблицы параметров и чертежи с размерами наиболее распространенных типов транзисторов ГДР, США, ФРГ и Японии.

Петров К. С., Язур О. Я. Электронные приборы. Учебник для техникумов. Изд-во «Связь», 1970, 320 стр.

Рассматриваются физические основы работы, конструкции и применение электровакуумных и полупроводниковых приборов.

Шилов В. Р. Конструкции на неоновой лампе. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 56 стр.

Описываются опыты с неоновой лампой МН-3, подтверждающие многие физические явления, известные

из курса физики средней школы по разделу об электричестве. Говорится о применении неоновой лампы типа МН-3 в индикаторах, пробниках, релаксационных генераторах, измерительных приборах и электронных реле.

Предназначена для начинающих радиолюбителей.

Эймишен Ж. Радиоэлектроника?... Нет ничего проще! Пер. с франц. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 280 стр.

Книга продолжает популярную французскую серию изданий под названием «Это очень просто!» Рассчитанная на широкие круги радиолюбителей книга знакомит читателей с возможностями использования радиоэлектроники в промышленности. Имеются главы о логических схемах и запоминающих устройствах.

Седов Е. Занимательно об электронике, изд. 2-е. Изд-во «Молодая гвардия», 1970, 352 стр.

Книга написана, иллюстрирована и подана читателю своеобразно. Понятия, без которых нельзя уяснить суть электроники, даны в виде рисунков и текста под общими рубриками «Это лежит в основе». Они чередуются с небольшими новеллами, в которых рассказано, как рождались понятия, какие эпизоды сопутствовали их развитию, к чему это привело.

В многочисленных иллюстрациях немало выдумки. В них автор и художник стремятся к наглядности, иногда развлекают. Автор умеет рассказывать просто о сложном, не поступаясь научной корректностью. Начав с истории открытия электрона, рассказав о волнах и полях, о том как человечество осваивало все более короткие волны, познакомив читателя с клистроном, магнетроном, лампой бегущей волны — автор приводит его к вычислительным машинам, внедрению полупроводниковых приборов и квантовым генераторам. Написано все это интересно, выразительным языком, иногда с хорошим юмором, убеждая нас, что без электроники нет XX века.



ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УГОЛЬНО-ЦИНКОВОЙ СИСТЕМЫ [1]

При растворении кислот, солей и щелочей в воде их молекулы распадаются на две части, заряженные разноименным электричеством. Такие заряженные частицы называются *ионами*. В водных растворах одним из ионов является ион металла или водорода, заряженный положительно (атомы этих веществ потеряли один или несколько электронов). Другим ионом является оставшаяся часть молекулы, получившая потерянные атомами металла или водорода электроны и поэтому заряженная отрицательно. Водный раствор вещества с распавшимися на ионы молекулами сравнительно хорошо проводит электрический ток и называется *электролитом*.

При погружении в электролит какого-либо металла между электролитом и металлом начинается химическое взаимодействие. Например, при погружении цинковой пластинки в раствор серной кислоты атомы цинка, оставляя на пластинке по два своих электрона, начинают переходить в раствор в виде положительных ионов,

[1] Костыков Ю. В. и Ермолаев Л. Н., Первая книга радиолюбителя, Воениздат, 1961.

в результате чего цинковая пластинка, обогащаясь электронами, заряжается отрицательно (рис. 1). В то же время раствор, получая положительные ионы цинка, заряжается положительно. Такое растворение цинка будет продолжаться до тех пор, пока отрицательный заряд цинковой пластинки, а следовательно, и сила притяжения ею положительно заряженных ионов цинка не уравновесят стремления ионов цинка отрываться от пластинки и переходить в раствор.

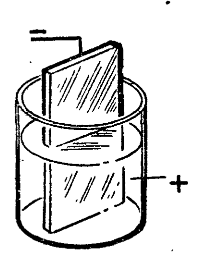


Рис. 1. Цинковая пластинка при погружении в раствор серной кислоты начинает растворяться; при этом она заряжается отрицательно.

Различные металлы обладают различной способностью растворяться в данном электролите и заряжаются до разных потенциалов. Следовательно, если в электролит погрузить две пластинки из различных металлов, то между ними появится некоторая разность потенциалов. Для каждой пары металлов характерна определенная разность потенциалов.

Одну из металлических пастинок можно заменить нерастворяющейся в электролите угольной пластинкой. Тогда угольная пластинка приобретает потенциал раствора, а между нею и металлической пластинкой устанавливается разность потенциалов, необходимая для уравновешивания стремления данного металла к растворению.

Погрузив в раствор электролита две пластинки из различных металлов (или металлическую и угольную пластинки), получают простейший химический источник разности потенциалов, или химический источник электрической энергии, называемый *гальваническим элементом*. Наиболее употребительной парой, применяющейся в современных гальванических элементах, являются цинк и уголь.

При соединении угольной и цинковой пластинок гальванического элемента внешним проводником электроны, скопившиеся на цинковой пластинке, начнут двигаться к угольной пластинке. Образующийся на цинковой пластинке недостаток электронов нарушит установившееся равновесие, и цинковая пластинка опять начнет отдавать свои ионы в раствор. В то же время приходящие на угольную пластинку электроны начнут соединяться с положительными ионами водорода, находящимися в растворе вблизи угольной пластинки, превращая их в нейтральные атомы (молекулы серной кислоты при растворении в воде распадаются на положительные ионы водорода и отрицательные ионы кислотного остатка). В результате на угольной пластинке будут выделяться пузырьки водорода. Следовательно, за счет химической реакции цинка с раствором серной кислоты на пластинках (электродах) элемента будет поддерживаться постоянная разность потенциалов, или э. д. с.

Электродвижущая сила элемента зависит только от свойств веществ, из которых он состоит, и не зависит от его формы, размеров, конструкции и т. п.

На схемах химические источники электрической энергии изображаются в виде двух черточек: положительный электрод — в виде длинной и тонкой, а отрицательный — в виде короткой и толстой (рис. 2).

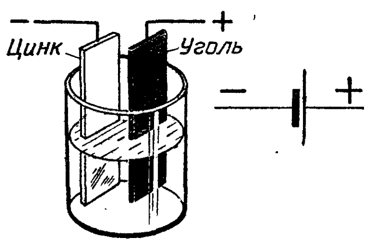


Рис. 2. Простейший гальванический элемент и его условное изображение на схемах.

Гальванический элемент. Описанный выше простейший химический источник электрической энергии — гальванический элемент, состоящий из цинковой и угольной пластинок, погруженных в раствор кислоты, — практически не может быть использован для питания радиоустройств из-за присущего ему большого недостатка. Как отмечалось, при работе такого элемента на угольной пластинке выделяются пузырьки водорода, в результате чего через очень непродолжительное время вся уголь-

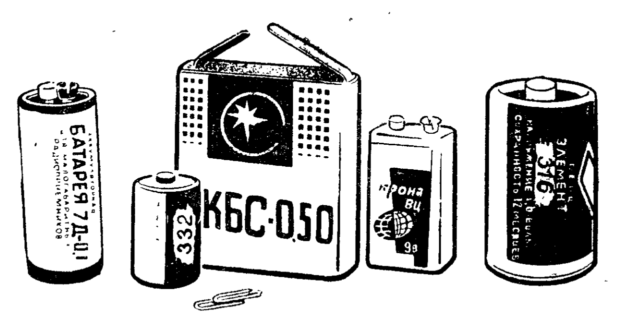


Рис. 3. Внешний вид батарей и элементов.

ная пластинка оказывается покрытой слоем этих пузырьков, которые, во-первых, препятствуют прохождению тока и, во-вторых, уменьшают э. д. с. элемента. Это явление носит название *поляризации элемента*.

Чтобы уничтожить или хотя бы уменьшить вредное влияние поляризации, положительный угольный электрод элемента окружают особыми веществами — *деполяризаторами*, которые легко соединяются с водородом.

В зависимости от применяемого электролита, материала электродов и деполяризатора получается тот или иной тип гальванического элемента.

В угольно-цинковом элементе электродами служат угольная и цинковая пластинки, электролитом — 15%-ный раствор нашатыря, а деполяризатором — двуокись марганца — вещество, богатое кислородом. Кислород может легко выделяться из двуокиси марганца (двуокись переходит в окись) и соединяться с окружающим угольный электрод водородом, образуя воду.

В настоящее время промышленностью выпускаются *сухие* угольно-цинковые элементы. Элемент состоит из цинковой коробки, являющейся одновременно отрицательным полюсом, угольного электрода, служащего положительным полюсом, деполяризатора и электролита.

Деполяризатор представляет собой плотно спрессованную массу, покрывающую угольный электрод и заключенную в холщовый мешочек. Основу этой массы составляет двуокись марганца. К обоим электродам элемента присоединены изолированные проводники. В электролит добавляются крахмал или мука, чтобы получилась непроливающаяся железообразная масса. Элемент помещают в картонный футляр, а сверху для предохранения от высыхания его заливают слоем смолы.

Элементы с воздушной деполяризацией. Угольные электроды этих элементов имеют особую форму и подвергаются специальной обработке. При работе элемента такой электрод своей верхней, наружной частью поглощает кислород воздуха, а нижней, погруженной в электролит, — водород, образующийся у положительного полюса. В порах угольного электрода эти газы химически соединяются, образуя воду. Таким образом водород устраняется из элемента, чем достигается уменьшение поляризации.

Встречаются элементы и с комбинированной — марганцевой и одновременно воздушной — деполяризацией (элементы МВД).

Угольно-цинковый элемент дает э. д. с. около 1,5 *в*. Электродвижущая сила элемента не зависит ни от размеров, ни от формы, ни от конструкции элемента, а зависит только от материала электродов и от состава электролита.

Величина же тока, которую можно получить от элемента, целиком определяется его размерами, точнее, площадью его электродов. Чем больше поверхность электродов, тем больший ток может дать элемент. При большом токе происходит усиленная поляризация элемента, с которой не справляется деполяризатор, вследствие чего э. д. с. элемента быстро падает и элемент портится.

В зависимости от количества химических веществ в элементе (цинка, электролита и деполяризатора) он может дать то или иное количество электричества.

РТУТНО-ЦИНКОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ[1]

Угольно-цинковые элементы и батареи обладают рядом недостатков, основными из которых являются малая удельная энергия (количество энергии на единицу массы элемента), значительное понижение напряжения по мере разряда элементов, неполное использование активных материалов. Ртутно-цинковые элементы свободны от многих этих недостатков.

Высокая механическая прочность ртутно-цинковых элементов, герметичность, отсутствие гибких контактов позволяют использовать эти источники питания в условиях сильной тряски, вибраций, высокого и низкого давления.

Таблица 1

Сухие элементы электрохимической системы цинк — окись ртути

Наименование типа	Начальное напряжение *, *в*	Гарантируемый срок хранения, мес.	Испытательный режим непрерывного разряда **			Размеры не более, *мм*	Масса не более, *г*
			Сопротивление цепи, *ом*	Продолжительность, *ч* ***			
				при 20—50° С	при 0° С		
РЦ53	1,25	12	120	24	8	ø 15,5×6,3	4,6
РЦ55	1,22	30	120	50	15	ø 15,6×12,5	9,5
РЦ63	1,25	18	60	27	12	ø 21×7,4	10
РЦ65	1,22	30	60	53	15	ø 21×13	18
РЦ73	1,25	18	40	32	12	ø 25×8,4	17
РЦ75	1,22	30	40	55	15	ø 25×13	27
РЦ82Т	1,25	18	25	35	12	ø 30×9	30
РЦ83	1,25	18	25	35	12	ø 30×9	28
РЦ85	1,22	30	25	55	15	ø 30×14	39

* Начальная э. д. с. всех элементов не менее 1,34 *в*.

** При разряде элементов в диапазоне температур 20—50° С (для РЦ82Т до 70° С) до конечного напряжения 1 *в* и при 0° С до 0,9 *в*.

*** Указанная в таблице продолжительность работы элементов гарантируется в течение 12 мес. со времени их изготовления (для элементов РЦ53 в течение 6 мес.). До конца указанного в таблице гарантийного срока хранения (12, 18 или 30 мес.) продолжительность работы уменьшается не более чем на 10%.

Каждый элемент заключен в стальной корпус, состоящий из двух половин, разделенных изоляционной прокладкой из резины (см. рисунок). Внутри корпуса находится активная масса. Катод элемента (отрицательный электрод) выполняется из окиси ртути, а анод (положительный электрод) — из цинкового порошка. Активная масса смочена щелочным электролитом. Основание корпуса служит положительным электродом, крышка корпуса является отрицательным электродом. Основание и крышка разделены резиновым кольцом, представляющим собой изоляционную и герметизирующую прокладку. Герметизация элементов настолько хороша, что даже при длительных сроках хранения (1—2 года) не наблюдается просачивания щелочного электролита. Незначительные следы солей, появляющихся у резиновой прокладки, не опасны для окружающей аппаратуры. Однако герметизация выбрана с таким расчетом, чтобы обеспечивалось выделение небольшого количества водорода, образующегося внутри корпуса элемента во время его работы. Пористая про-

[1] Журнал «Радио», 1962, № 5 (новая редакция).

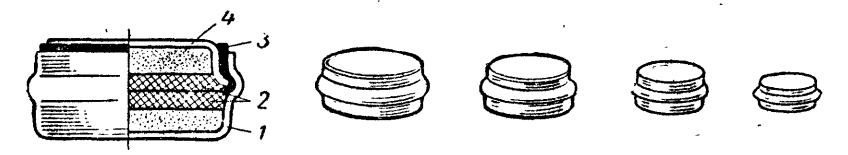


Рис. 1. Герметичные окисно-ртутные элементы.

1 — стальной корпус с положительным электродом; *2* — пористые прокладки с электролитом; *3* — резиновая уплотняющая прокладка; *4* — крышка корпуса с отрицательным электродом.

кладка, разделяющая электроды, пропитана электролитом и не позволяет перемещаться активной массе положительной и отрицательной пластин, но не препятствует движению электрических зарядов от одного полюса к другому внутри корпуса элемента.

Из элементов можно составлять батареи, соединяя их последовательно или параллельно с помощью никелевой ленты, привариваемой к корпусам элементов. Последовательно соединенные элементы образуют столбик, который изолируют органической пленкой.

Ртутно-цинковые батареи предназначены в основном для работы при температурах выше 0° С. Чем больше разрядный ток, тем сильнее меняется напряжение, развиваемое окисно-ртутным элементом при изменении температуры.

ЕМКОСТЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, БАТАРЕЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИХ РАБОТЫ [1]

Параметр «емкость в ампер-часах», широко применявшийся ранее для оценки количества электричества, отдаваемого гальваническими элементами и батареями, почти полностью вышел из употребления. Причина этого в том, что определение величины емкости этих источников тока как произведения величины разрядного тока на время разряда встречает затруднения, поскольку в процессе разряда элемента ток изменяется.

Более удобным параметром, который в настоящее время и принят как основной для большинства гальванических элементов и батарей, является **продолжительность работы.** Это время, в течение которого напряжение на выводах элемента (батареи), разряжаемого на внешнюю цепь с заданным сопротивлением, снижается до некоторой заданной конечной величины.

Продолжительность работы большинства стандартных цилиндрических элементов системы «цинк — двуокись марганца», в том числе широко применяемых для питания транзисторных приемников, измеряется по ГОСТ при непрерывном разряде в нормальных условиях (комнатная температура) на цепь сопротивлением 20 *ом* до конечного напряжения 0,85 *в*. Гарантированная продолжительность работы в этом режиме свежеизготовленных элементов типа 332 (старое название ФМЦ-0,25) составляет 6 *ч*, элементов типа 343 — 12 *ч* и элементов типа 373 «МАРС» — 40 *ч*. Продолжительность работы батарейки для карманного фонаря типа КБС-Л-0,50 при разряде на цепь сопротивлением 10 *ом* составляет 2 *ч* при конечном напряжении 2 *в* *. Если элемент или батарею разряжать на сопротивление меньшей величины, то продолжительность их работы сокращается.

С понижением температуры продолжительность их работы также уменьшается. Так, например, при температуре минус 10° С батарейка КБС-Л-0,50 работает в 3 раза меньшее время, чем при комнатной температуре. При более

[1] Автор Р. М. Малинин.

* Элемент считается свежеизготовленным в течение 30 суток, а батарея в течение 15 суток после выпуска их из производства (время изготовления обозначается на каждом элементе, батарее).

низких температурах сколь-либо длительная работа этих батареек заводами-изготовителями вообще не гарантируется. Цилиндрические элементы типов 332, 343, 373 и др. можно применять и при более низких температурах, однако гарантируемая продолжительность их работы при температуре минус 40° С в 10 раз меньше, чем при комнатной температуре. Продолжительность работы элементов системы «цинк — окись ртути» при 0° С в 2,5—4 раза меньше, чем при комнатной температуре. При температуре ниже нуля работоспособность этих элементов (кроме РЦ 85У) не регламентируется, продолжительность их работы очень мала.

СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕИ [1]

Несколько элементов, соединенных между собой последовательно, параллельно или смешанно для совместной работы, называются *батареей*.

Последовательное соединение. Электродвижущая сила одного элемента около 1,5 *в*. Если для питания цепи требуется источник тока с большей э. д. с., то элементы надо соединить последовательно (рис. 1). При этом отрицательный полюс первого элемента соединяется с положительным полюсом второго, отрицательный полюс второго — с положительным полюсом третьего и т. д.

При последовательном соединении э. д. с. батареи равна сумме э. д. с. отдельных элементов. Внутреннее сопротивление батареи также равно сумме внутренних сопротивлений отдельных элементов. Если батарея состоит из n одинаковых элементов, то величина тока во внешней цепи определяется по формуле:

$$I = \frac{En}{R_0 n + R},$$

где E — э. д. с. одного элемента;

R_0 — внутреннее сопротивление одного элемента;

R — сопротивление внешней цепи.

Параллельное соединение. При параллельном соединении положительные полюсы соединяются между собой, образуя «+» батареи; соединяются между собой также и отрицательные полюсы, образуя «—» батареи (рис. 2). Параллельно можно соединять только элементы, имеющие одинаковую э. д. с. и одинаковое внутреннее сопротивление (однотипные элементы). Если этого не соблюдать, то отдельные элементы будут разряжаться через другие элементы, а это крайне нежелательно, так как срок службы батареи сократится.

[1] Тихонов С. Н. Основы электрорадиотехники. (Новая редакция). Воениздат, 1959.

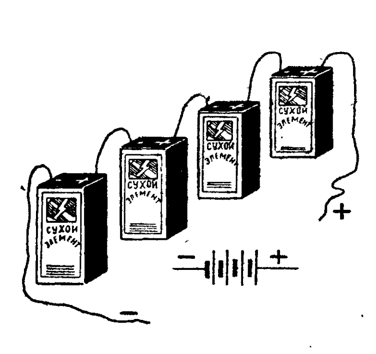


Рис. 1. Последовательное соединение элементов.

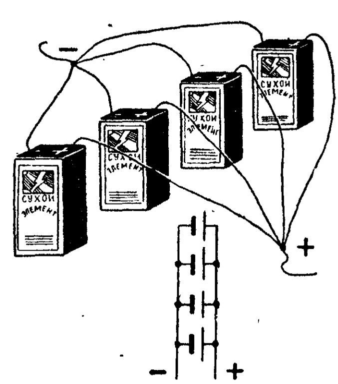


Рис. 2. Параллельное соединение элементов.

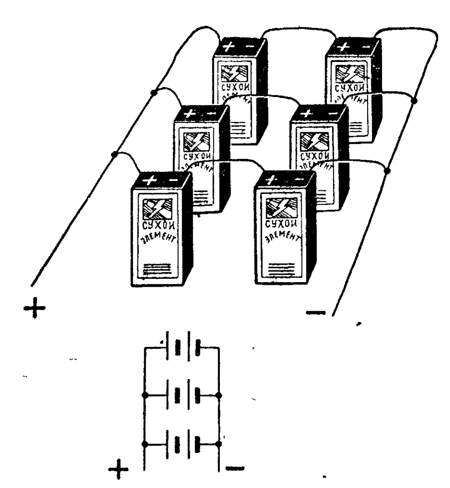


Рис. 3. Смешанное соединение элементов.

При параллельном соединении э. д. с. батареи равна э. д. с. одного элемента. Внутреннее сопротивление батареи уменьшается во столько раз, сколько включено элементов (однотипных); продолжительность работы такой батареи во столько же раз увеличивается (при той же нагрузке).

Ток во внешней цепи определяется по формуле

$$I = \frac{E}{\frac{R_0}{n} + R},$$

где n — число однотипных элементов, соединенных параллельно в батарею.

Смешанное соединение. При смешанном соединении элементы соединяются последовательно (параллельно) в несколько групп, а группы между собой соединяются параллельно (последовательно). На рис. 3 схематически изображена батарея, которая состоит из двух групп элементов, соединенных параллельно. Элементы в каждой группе соединены последовательно.

Число групп в батарее может быть самое разнообразное, но число элементов в каждой группе должно быть одно и то же.

АККУМУЛЯТОРЫ [1]

Аккумулятором электрической энергии называют прибор, который может сохранять электрическую энергию, накопляемую при пропускании через него электрического тока от постороннего источника э. д. с. Эту энергию аккумулятор может отдавать во внешнюю электрическую цепь по мере надобности.

При пропускании тока через аккумулятор в нем происходит химическое изменение вещества и его составных частей. Если после этого аккумулятор включить для работы в электрическую цепь, происходит обратная химическая реакция и вещество составных частей его переходит в первоначальное состояние. При этом выделяется энергия в виде электрического тока.

Процесс пропускания через аккумулятор тока от внешнего источника называется *зарядом аккумулятора.* Процесс получения электрического тока от аккумулятора называют его *разрядом.*

Количество электричества, которое отдает аккумулятор при его разряде, называют *емкостью.* Емкость аккумулятора можно определить, если умножить силу разрядного тока, измеряемую в амперах, на количество часов, в течение которых происходит разряд. Поэтому емкость аккумулятора измеряется в ампер-часах (*а·ч*).

Аккумуляторы могут сохранять электрическую энергию довольно долго, и поэтому ими широко пользуются, особенно в тех случаях, когда источник электрической энергии должен перемещаться вместе с устройствами, которые он питает.

Свинцовые аккумуляторы. Свинцовый аккумулятор состоит из электродов, изготовленных в виде *свинцовых пластин,* погружаемых в сосуд с водным раствором *серной кислоты* (электролита) (рис. 1). Положительные пластины (аноды) покрыты перекисью свинца и имеют темно-коричневый цвет. Отрицательные пластины (катоды) серого цвета и состоят из губчатого свинца.

[1] Пасечник Н. Д. Элементарная электротехника. Гостехиздат УССР, 1963.

Внутри сосуда пластины устанавливаются в таком порядке: отрицательная, затем положительная, затем снова отрицательная и т. д. Поэтому отрицательных пластин всегда на одну больше, чем положительных.

При разряде свинцовых аккумуляторов на обоих электродах образуется сернокислый свинец, а при заряде он снова переходит в перекись свинца на аноде и в губчатый свинец на катоде.

В процессе заряда аккумулятора ионы водорода перемещаются по направлению тока, а образовавшиеся в результате разложения серной кислоты ионы движутся против направления тока.

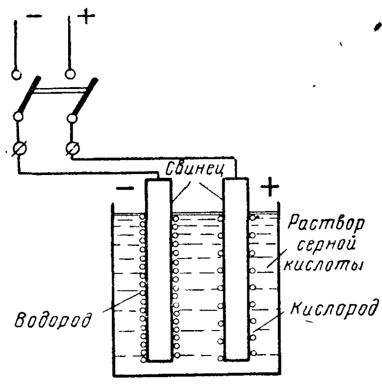


Рис. 1. Пояснение принципа действия кислотного аккумулятора.

К концу заряда аккумулятора плотность электролита увеличивается. Ее измеряют при помощи *ареометра*, который представляет собой стеклянную трубку с делениями. Эта трубка запаяна с обоих концов. На одном конце ее имеется расширение, заполненное ртутью. Ареометр в электролите плавает вертикально и поднимается тем выше, чем больше плотность его. Деление на уровне жидкости показывает ее плотность.

При заряде свинцового аккумулятора напряжение его вначале быстро возрастает до 2—2,2 *в*, потом медленно поднимается до 2,3 *в*, а в конце заряда быстро возрастает до 2,6 *в*, после чего опять медленно увеличивается до 2,7—2,8 *в*. При напряжении 2,7 *в* аккумулятор начинает сильно кипеть. Это показывает, что он уже заряжен. «Кипение» объясняется выделением газов в конце заряда.

В процессе разряда аккумулятора напряжение его быстро падает до 2—1,95 *в*, затем медленно понижается до 1,8 *в* и в конце разряда быстро уменьшается до 1,7 *в* и затем до нуля.

Щелочные аккумуляторы. В щелочных аккумуляторах пластины и сосуды изготовляются из стали. В качестве электролита применяется раствор

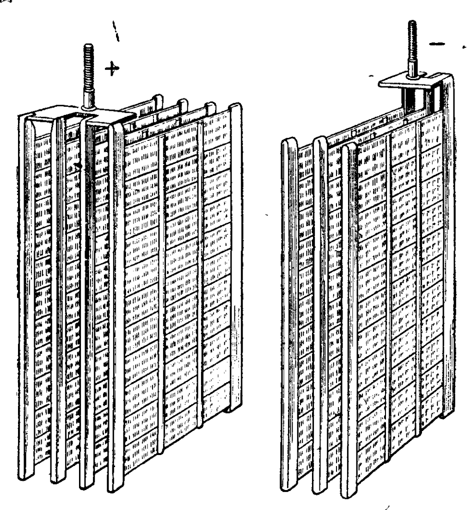


Рис. 2. Пластины щелочного аккумулятора.

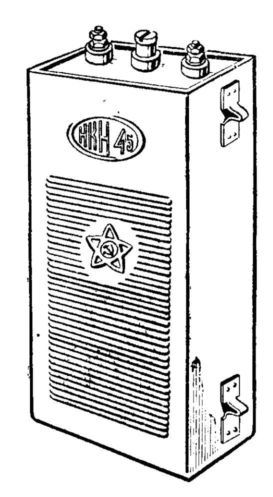


Рис. 3. Общий вид элемента щелочного аккумулятора.

едкого кали (KOH) в дистиллированной воде. В этих аккумуляторах электролитом может служить также раствор едкого натра. И тот и другой растворы являются щелочью, поэтому и аккумуляторы называются *щелочными* (рис. 2 и 3).

В щелочных аккумуляторах при заряде напряжение медленно поднимается от 1,4 до 1,5 *в*, затем до 1,7 *в* и в конце заряда медленно возрастает до 1,8 *в*. При разряде напряжение быстро падает до 1,25 *в*, потом медленно снижается до 1,0 *в*.

Щелочные аккумуляторы удобны при перевозке, так как они не боятся сотрясений. Они отличаются прочностью конструкции, не выделяют в процессе работы и при заряде вредных газов, не боятся перегрузки и могут долго оставаться в полуразряженном или разряженном состоянии. По сравнению со свинцовыми аккумуляторами щелочные аккумуляторы имеют меньшее номинальное рабочее напряжение, меньший к. п. д. и большее внутреннее сопротивление.

Аккумуляторы могут служить для накопления энергии, получаемой от ветроэлектродвигателей, солнечных батарей и других непостоянных источников энергии, и отдавать эту энергию соответственно во время отсутствия ветра или ночью. При выборе источников питания для той или иной аппаратуры следует учитывать, что стоимость энергии, получаемой от аккумуляторов, превышает стоимость энергии от сети в 4—5 раз.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ [1]

Герметичные кадмий-никелевые аккумуляторы по сравнению с сухими марганцево-цинковыми элементами обладают целым рядом преимуществ. При равных габаритах они имеют примерно в полтора раза большую емкость, в два раза больший срок хранения, значительно меньшее внутреннее сопротивление и связанный с этим малый диапазон колебаний напряжения в процессе работы аппаратуры. Аккумуляторы рассчитаны на многократную перезарядку (не менее 100 циклов), что делает их выгодными с экономической точки зрения. Стоимость одного ватт-часа энергии, например, аккумулятора типа ЦНК-0,45, широко применяемого в слуховых аппаратах, составляет лишь 0,14 коп., тогда как у сухих элементов типа 316 она достигает 29 коп.

Преимущества аккумуляторов перед сухими элементами позволяют рекомендовать их для широкого применения в качестве источников питания радиоаппаратуры на транзисторах.

Основным рабочим веществом положительного электрода аккумулятора являются гидратные формы окислов никеля, а отрицательного электрода — металлический кадмий и гидрат окиси кадмия. Процесс заряда сопровождается восстановлением гидроокиси кадмия до металла, а разряд — окислением основной массы металлического кадмия с образованием гидрата окиси.

В связи с выделением значительных количеств газов в конце заряда аккумулятора проблема герметизации может быть разрешена только путем поглощения газов активными массами электродов. Указанный принцип осуществлен в большинстве герметичных аккумуляторов отечественного производства.

Конструкция герметичного аккумулятора (рис. 1) обеспечивает сравнительно свободный доступ газа к поверхности кадмиевого электрода, благодаря чему металлический кадмий, имеющий большую активную поверхность, легко окисляется. При дальнейшем заряде наряду с электрическим восстановлением окислов кадмия идет непрерывная регенерация их вследствие поглощения губчатым кадмием кислорода из газовой фазы. При этом соотношение восстановленного кадмия и его окислов в электроде остается постоянным.

В качестве сепараторов в герметичных аккумуляторах используется щелочестойкая ткань. Применение таких сепараторов в сочетании с плотной посадкой пакета пластин в аккумуляторный сосуд создает при достаточно низ-

[1] В. Теньковцев, М. Леви, Г. Драчев (с сокращением), «Радио», 1968, № 6.

ком внутреннем сопротивлении аккумулятора возможность сравнительно свободной циркуляции газов между электродами.

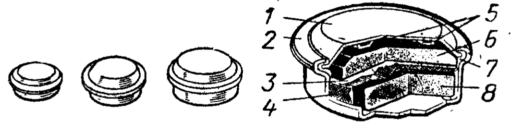


Рис. 1. Герметичные дисковые кадмиево-никелевые аккумуляторы.

1 — крышка корпуса; *2* — корпус; *3* — сепаратор; *4* — сетка; *5* — пружина; *6* — отрицательный электрод; *7* — герметизирующая прокладка; *8* — положительный электрод.

Однако скорость самого процесса поглощения кислорода кадмиевым электродом сравнительно мала и давление, развиваемое при заряде герметичных аккумуляторов, может достигать значительных величин. Поэтому во избежание деформации корпуса сила зарядного тока для герметичных аккумуляторов ограничивается, как правило, величинами, численно не превышающими одной десятой номинальной емкости аккумулятора. При такой величине зарядного тока давление, развиваемое в аккумуляторе к концу заряда, удерживается на уровне 3—5 *ат*.

Малогабаритные герметичные кадмий-никелевые аккумуляторы выпускаются промышленностью в трех вариантах — дисковые, цилиндрические и прямоугольные.

Рекомендуемые зарядный и разрядный режимы малогабаритных аккумуляторов приведены в табл. 2. Заряд аккумуляторов должен производиться при температуре +15° С÷+35° С. Заряд при более низких температурах требует значительного повышения зарядного напряжения. Следствием этого могут быть постепенное накопление водорода в аккумуляторе, деформация и разрыв корпуса.

Таблица 2

Малогабаритные кадмиево-никелевые аккумуляторные элементы

Тип элемента	Номинальная емкость*, *а·ч*	Предельно допускаемый средний разрядный ток, *ма*	Режим заряда **		Габариты не более, *мм*	Масса, *г*
			Ток, *ма*	Продолжительность, *ч*		
Дисковые						
Д-0,06	0,06	12	6	15	⌀ 15,7×6,5	4
Д-0,1	0,1	20△	12	15	⌀ 20×7	7
Д-0,25	0,25	130◇	20	19	⌀ 27×10	14
Цилиндрические						
ЦНК-0,2	0,2	40	20	15	⌀ 14×25	13
ЦНК-0,45	0,45	90	45	15	⌀ 14×50	25
ЦНК-0,85	0,85	170	85	15	⌀ 14×91	47

* Емкость при разряде в течение 10 *ч* при температуре 15—35° С током, численно равным 0,1 величины номинальной емкости, до конечного напряжения 1 *в*. Если аккумулятор разряжается при более низкой температуре, до минус 10° С, емкость может снизиться до 60% ее номинального значения.

** Допускается уменьшение зарядного тока на 50% с соответствующим увеличением продолжительности заряда. Допускается перезаряд по времени на 50%.

△ При разряде током более 15 *ма* емкость может снизиться до 0,08 *а·ч*. Допускаются мгновенные значения разрядного тока до 60 *ма*.

◇ При разряде в течение 1 *ч* до конечного напряжения 0,7 *в*. Допускается начальный разрядный ток 175 *ма*, уменьшающийся до 90 *ма* в конце разряда.

Оптимальным зарядным режимом герметичных аккумуляторов является заряд их током, численно равным 0,1 номинальной емкости с сообщением 120—150% количества электричества, снятого в предыдущем разряде. В конце заряда напряжение на аккумуляторе достигает 1,2—1,6 *в*. Номинальным напряжением считается 1,3 *в*. Увеличение силы зарядного тока, как и значительное увеличение длительности заряда, может быть причиной чрезмерного увеличения давления, которое ведет к деформации и разрыву корпуса. Значительное снижение зарядного тока ниже рекомендуемой величины приводит к снижению среднего зарядного напряжения и некоторому снижению емкости, отдаваемой аккумулятором.

Длительное хранение аккумулятора в разряженном состоянии заметно сказывается на его зарядной характеристике (на первых циклах), так как из-за пассивации активных масс в процессе хранения и частичного связывания воды внутреннее сопротивление аккумулятора заметно возрастает. Поэтому после длительного хранения первый заряд рекомендуется производить при напряжениях значительно более высоких, чем обычно.

Малогабаритные аккумуляторы предназначены в основном для работы на длительных режимах разряда. При повышении тока разряда заметно снижается емкость, отдаваемая до определенного значения напряжения, и несколько снижается среднее разрядное напряжение.

Малогабаритные герметичные аккумуляторы, как правило, имеют емкость, превышающую гарантированную на 15—20%. Однако они отдают гарантированную емкость в случае их эксплуатации при положительных температурах. Понижение температуры аккумулятора до нуля уже заметно сказывается на величинах среднего разрядного напряжения и отдаваемой емкости. При температуре —10° С аккумуляторы отдают в среднем около 50—60% емкости.

Хранение аккумуляторов в заряженном состоянии ведет к некоторой потере емкости за счет саморазряда. При температуре около 20° С месячный саморазряд, как правило, не превышает 20—25% номинальной емкости.

Для малогабаритных герметичных аккумуляторов заводы-изготовители гарантируют в зависимости от типа аккумулятора от 100 до 200 зарядно-разрядных циклов и 1 год складского хранения. Фактический срок службы аккумуляторов значительно превышает указанные цифры. Приведение аккумулятора в рабочее состояние и его нормальная эксплуатация возможны даже после двух-трехлетнего хранения.

Основные параметры и электрические характеристики батарей из малогабаритных герметичных аккумуляторов, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры малогабаритных аккумуляторных батарей

Тип батарей	Номинальная емкость, *а·ч*	Режим разряда		Режим заряда *		Размеры, *мм*	Масса, *г*
		Рекомендуемый ток, *ма*	Конечное напряжение не менее, *в*	Ток, *ма*	Конечное напряжение, *в*		
7Д-0,1	0,1	10—20	7,0	10	8,5—11,0	ø 24×62	55
10Д-0,25	0,25	25—50	10,0	20	12,0—15,7	82×109×10	200
3ЦНК-0,2	0,2	20—40	3,0	20	3,6—4,8	ø 16×74	40
11ЦНК-0,45	0,45	45—90	11,0	45	13,0—17,5	39×57×112	350

* Напряжение в конце заряда указано ориентировочно, оно не является контрольным параметром при заряде. Для батареи 10Д-0,25, разряженной до конечного напряжения, время заряда 19 *ч*; для батарей остальных типов — 15 *ч*. Если на заряд ставится частично разряженная батарея, продолжительность заряда должна быть такой, чтобы батарее было сообщено 120—150% емкости, снятой при предыдущем разряде.

С целью повышения удельных характеристик дисковых аккумуляторов проведены работы по совершенствованию конструкции узла уплотнения и максимальному использованию объема. На базе вновь разработанной конструкции рассчитан типоразмерный ряд дисковых аккумуляторов (табл. 4). Перечисленные в этой таблице аккумуляторы предназначены для эксплуатации при длительных режимах разряда.

Разработаны также три малогабаритных аккумулятора прямоугольной формы (табл. 4).

Таблица 4

Новые типы малогабаритных кадмиево-никелевых аккумуляторных элементов

Тип аккумулятора	Номинальная емкость, *а·ч*	Размеры, *мм*	Масса, *г*
	Дисковые		
Д-0,02Д	0,02	ø 11,5×4,2	
Д-0,03Д	0,03	ø 11,5×5,5	
Д-0,05Д	0,05	ø 15,5×4,9	
Д-0,08Д	0,08	ø 15,5×7,0	
Д-0,125Д	0,125	ø 20×6,6	
Д-0,2Д	0,20	ø 25×7,0	
Д-0,3Д	0,30	ø 25×9,4	
Д-0,5Д	0,50	ø 34×8,9	
Д-0,8Д	0,80	ø 50×7,7	
	Прямоугольные		
КНГ-0,35Д	0,35	41×15×10	21
КНГ-0,7Д	0,70	41×25×12	31
КНГ-1,0Д	1,00	41×35×14	61

ПИТАНИЕ АППАРАТУРЫ ОТ СЕТИ [1]

Питание радиоаппаратуры от электросетей переменного тока — наиболее экономичный, надежный и удобный способ электропитания. При этом для питания всех цепей транзисторных схем, цепей анодов и сеток электронных ламп переменный ток преобразовывают в пульсирующий (ток постоянного направления, периодически изменяющийся по величине) и уменьшают его пульсации до столь малой величины, что он не создает заметных помех (фона) в громкоговорителе, на экране кинескопа телевизора.

Преобразование переменного тока в пульсирующий называется в ы п р я м л е н и е м и производится в ы п р я м и т е л я м и. Процесс уменьшения пульсаций называется с г л а ж и в а н и е м п у л ь с а ц и й и осуществляется с г л а ж и в а ю щ и м и ф и л ь т р а м и. Выпрямителем нередко называют весь комплекс, в который входит как собственно выпрямитель, так и сглаживающий фильтр.

Важнейшими частями всякого выпрямителя являются э л е к т р и ч е с к и е в е н т и л и — приборы, хорошо пропускающие электрический ток в одном направлении и не пропускающие его (или плохо пропускающие) в другом. Для питания современной радиоаппаратуры от сетей в качестве вентилей применяют почти исключительно полупроводниковые диоды: кремниевые, германиевые и селеновые [2]. Наиболее распространены кремние-

[1] Автор Р. М. Малинин.

[2] О процессах в полупроводниковых диодах рассказано в разделах: «Переход, представляющий собой барьер», «Электроны и дырки на прогулке» и «Обязательное одностороннее движение» в статье «Транзистор? ... Это очень просто» (стр. 141).

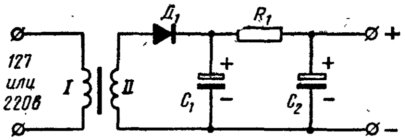


Рис. 1. Схема однофазного выпрямителя.

вые и германиевые плоскостные диоды. По сравнению с применявшимися ранее выпрямителями на кенотронах полупроводниковые выпрямители имеют большие к. п. д., меньше по объему и более надежны в работе.

Цепи накала электронных ламп, как правило, питают переменным током, применяя подогревные лампы. Однако когда усилитель низкой частоты имеет большое усиление и при этом требуется особо малый фон в воспроизводимой передаче, накал ламп первых каскадов усилителя осуществляют от низковольтного выпрямителя на плоскостных диодах. В некоторых случаях нужно бывает питать от электросети радиоприемники на лампах прямого накала («батарейные» лампы). При этом накал этих ламп тоже осуществляют от низковольтных выпрямителей.

В большинстве случаев выпрямитель содержит т р а н с ф о р м а т о р п и т а н и я. Его основными частями являются сердечник (магнитопровод) из листовой или ленточной электротехнической стали и обмотки из медного изолированного провода. Одну из обмоток трансформатора — первичную — включают в питающую сеть переменного тока и получают на других его обмотках — вторичных — напряжения различных величин, необходимые для подачи на полупроводниковые диоды и для питания электронных ламп аппаратуры.

Если напряжение вторичной обмотки больше напряжения электросети, то ее называют п о в ы ш а ю щ е й. Когда же напряжение вторичной обмотки меньше напряжения электросети, то ее называют п о н и ж а ю щ е й. Обмотки, от которых производится питание накала ламп, чаще всего рассчитываются на напряжение немногим более 6,3 *в* (стандартное напряжение накала приемно-усилительных ламп), т. е. они являются понижающими. Трансформатор выпрямителя, от которого питается аппаратура на транзисторах, обычно имеет только одну понижающую обмотку, включенную на диоды.

При питании аппаратуры от сети, напряжение которой непостоянно — изменяется во времени, применяют стабилизаторы. Стабилизатор может быть конструктивно или схемно объединен с выпрямителем либо может представлять собой самостоятельную конструкцию.

Однофазный выпрямитель. Простейшим выпрямителем является однофазный. Его применяют, когда требуется выпрямленный ток малой величины, например для создания отрицательного смещения на управляющих сетках электронных ламп, для питания анодов электроннолучевых трубок. Принципиальная схема однофазного выпрямителя дана на рис. 1. Он состоит из трансформатора питания, диода $Д_1$ (часто соединяют последовательно несколько диодов, о чем будет подробнее сказано ниже), конденсаторов и резистора. Конденсаторы и резистор составляют сглаживающий фильтр. Вместо резистора в схеме может быть использован дроссель.

Работу однофазного выпрямителя поясняют графики, приведенные на рис. 2. Синусоида на верхнем графике представляет изменение во времени напряжения на вторичной обмотке *II* трансформатора питания, жирная линия, пересекающая синусоиду у ее вершин, показывает изменение во времени напряжения на конденсаторе C_1. В нижней части рисунка графически показаны импульсы прямого тока через диод [1].

После момента t_1 напряжение на вторичной обмотке трансформатора возрастает, но до момента t_2 оно меньше напряжения на конденсаторе C_1. Поэтому на диоде получается разность потенциалов с полярностью, соответствующей обратному («непропускному») направлению диода, и ток через него не проходит. (Точнее говоря, через него течет обратный ток, но он настолько мал, что с ним практически можно не считаться.)

[1] Импульсным током называют ток, который периодически возникает и прекращается в течение коротких промежутков времени.

После момента t_2 напряжение вторичной обмотки становится больше напряжения на конденсаторе C_1 и поэтому через диод возникает прямой ток. Частично он идет на зарядку конденсаторов и частично на нагрузку выпрямителя. В момент t_3 переменное напряжение достигает амплитудного значения, напряжение же на конденсаторе C_1 достигает наибольшей величины позднее — в момент t_4. Падение напряжения на диоде мало, и поэтому напряжение на конденсаторе C_1 в момент t_4 почти равно амплитуде переменного напряжения вторичной обмотки трансформатора. Казалось бы, что если напряжение на диоде стало равным нулю, то ток через него должен прекратиться. Но на описываемый процесс влияет индуктивность рассеяния между первичной и вторичной обмотками. При всяком изменениии тока через диод во вторичной обмотке возникает э. д. с. самоиндукции. Она стремится поддержать ток в цепи в конце импульса, и в результате ток через диод прекращается только в момент t_5, т. е. до этого момента конденсатор C_1 продолжает заряжаться. Длительность и амплитуда импульса тока через диод зависят от емкости конденсатора C_1 и величины тока, идущего от выпрямителя на нагрузку. Практически длительность импульса обычно в 5—10 раз меньше длительности периода питающего переменного напряжения.

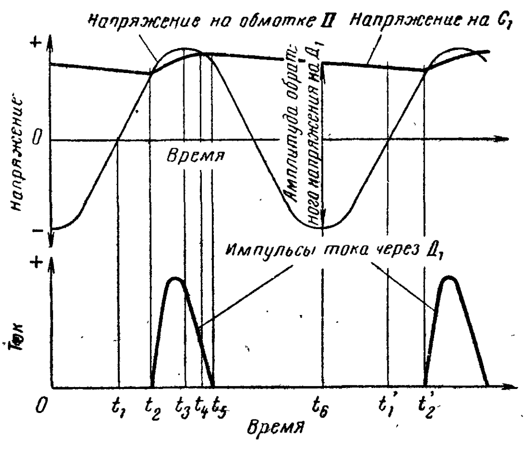


Рис. 2. Графическое изображение процесса однофазного выпрямления.

После того, как заряд конденсатора C_1 прекратился, ток в нагрузке выпрямителя поддерживается за счет расходования энергии, накопленной в конденсаторе; последний разряжается и напряжение на нем уменьшается до момента t_2', когда снова возникает прямой ток через диод. Далее процесс в выпрямителе повторяется, как описано выше, с частотой тока в сети, т. е. 50 раз в секунду. Чем больше емкость конденсатора C_1 и чем меньше ток на нагрузку, тем меньше снижается напряжение на этом конденсаторе в промежутках между заряжающими импульсами, т. е. тем меньше пульсация напряжения на конденсаторе C_1. Однако пульсация эта все же не настолько мала, чтобы во многих случаях прямо с конденсатора C_1 можно было бы брать напряжение для питания каскадов аппаратуры. Значительно ослабляет пульсации резистор R_1 (или дроссель) совместно с конденсатором C_2, о чем подробнее будет сказано ниже.

Как видно из рис. 2, в течение каждого периода переменного напряжения напряжение на конденсаторе C_1 один раз достигает максимального значения и один раз проходит через минимальное значение, т. е. в однофазной схеме частота пульсации выпрямленного напряжения равна частоте переменного тока питающей сети.

Рассмотрим теперь подробнее полупериод, когда поступающее от трансформатора на диод напряжение является для него обратным (запорным). Из верхнего графика на рис. 2 видно, что в любой момент этого полупериода напряжение на диоде равно сумме напряжений на вторичной обмотке трансформатора и на конденсаторе C_1. Это напряжение на диоде имеет максимальную величину в момент времени t_6, когда напряжение вторичной обмотки проходит через свое амплитудное значение. Важно здесь отметить, что поскольку амплитуда переменного синусоидального напряжения в $\sqrt{2} = 1,41$

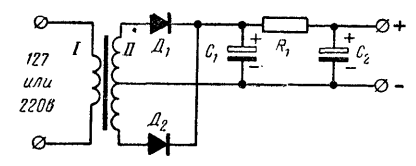


Рис. 3. Схема двухфазного выпрямителя.

раза больше его действующего значения, а постоянное напряжение на конденсаторе приближается по величине к этому амплитудному значению, то максимальное обратное напряжение на диоде обычно в 2,5—2,7 раза больше действующего значения напряжения вторичной обмотки. В отсутствие нагрузки выпрямителя, т. е. когда конденсатор C_1 не разряжается на внешнюю цепь, напряжение на нем достигает амплитудного значения напряжения вторичной обмотки и, следовательно, максимальное обратное напряжение на диоде в 2,82 раза больше действующего значения напряжения обмотки. Так, например, при действующем значении напряжения вторичной обмотки 100 *в* максимальное обратное напряжение на диоде ненагруженного выпрямителя достигает величины $100 \times 2,82 = 282$ *в*, а при подключении к выпрямителю нагрузки оно снизится примерно до 250—270 *в*. Следовательно, при напряжении вторичной обмотки трансформатора питания величиной 100 *в* в выпрямителе можно применить, например, диод типа Д226В, для которого допустимое обратное напряжение равно 300 *в*. Чтобы выпрямитель работал надежно, *в любом случае необходимо применять диод, допустимое обратное напряжение которого по крайней мере в 3 раза больше действующего значения напряжения вторичной обмотки трансформатора питания.*

Двухфазный выпрямитель. Трансформатор питания двухфазного выпрямителя (рис. 3) должен иметь вторичную обмотку с выводом от средней точки. Можно считать, что такой выпрямитель состоит из двух однофазных выпрямителей на диодах $Д_1$ и $Д_2$ с общим конденсатором C_1, причем напряжение на диод $Д_1$ одного выпрямителя подается с верхней по схеме половины вторичной обмотки, а на диод $Д_2$ — другого однофазного выпрямителя с ее нижней половины.

Конденсатор C_1 двухфазного выпрямителя заряжается дважды в течение каждого периода переменного напряжения: один раз во время полупериода, когда положительный потенциал на верхнем конце вторичной обмотки по отношению к ее средней точке, а другой раз во время полупериода, когда положительный потенциал на нижнем конце вторичной обмотки по отношению к средней точке. Во время первого полупериода проходит импульс прямого тока через диод $Д_1$, а во время второго — через диод $Д_2$. В результате частота пульсации выпрямленного напряжения двухфазной схемы в 2 раза больше частоты переменного тока в электросети, что хорошо видно на рис. 4.

При данной нагрузке выпрямителя и данной емкости конденсатора C_1 в схеме по рис. 3 пульсация напряжения на этом конденсаторе меньше, чем на одноименном конденсаторе в схеме на рис. 1, поскольку при двухфазном выпрямлении конденсатор подзаряжается вдвое чаще и поэтому напряжение

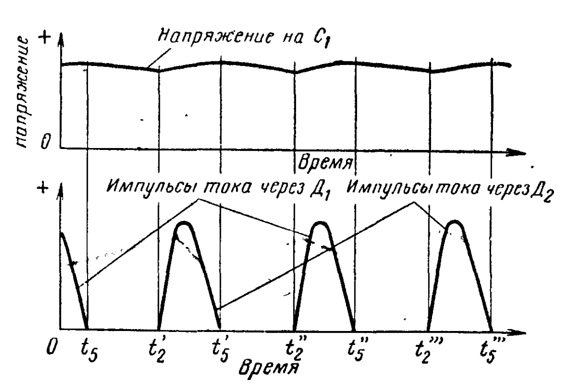


Рис. 4. Графическое изображение процесса двухфазного выпрямления.

на нем между импульсами прямого тока через диоды успевает снизиться на относительно меньшую величину. Вместе с тем для получения выпрямленного напряжения с заданными малыми пульсациями общая емкость конденсаторов в двухфазном выпрямителе должна быть меньше, чем в однофазном (при той же нагрузке, той же индуктивности дросселя или сопротивлении заменяющего его резистора).

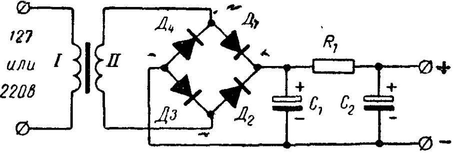


Рис. 5. Мостовая схема Греца.

Амплитуда обратного напряжения на каждом из диодов схемы по рис. 3 имеет такую же величину, как и на диоде в схеме по рис. 1. Выпрямленное напряжение также не удваивается. Вместе с тем от двухфазного выпрямителя можно получить вдвое больший выпрямленный ток, чем от однофазного выпрямителя с диодами такого же типа. Используя наиболее распространенные в любительской практике диоды типов Д7А — Д7Ж или Д226Б — Д226Д, от выпрямителя по двухфазной схеме можно получить выпрямленный ток до 0,3 *а*.

Строить выпрямитель по двухфазной схеме целесообразно, если нужно получить выпрямленное напряжение ниже 100 *в*, поскольку тогда нужны два относительно дешевых диода.

Недостаток двухфазной схемы: вторичная обмотка трансформатора питания должна иметь вдвое большее число витков по сравнению с однофазной схемой с таким же выпрямленным напряжением.

Выпрямитель по мостовой схеме. Как высокие напряжения для питания цепей анодов и экранирующих сеток электронных ламп, так и низкие напряжения для питания транзисторов в радиоприемниках, радиолах, телевизорах, магнитофонах, электрофонах получают в большинстве случаев от выпрямителей на полупроводниковых диодах, выполненных по мостовой схеме Греца (рис. 5). Обладая всеми достоинствами выпрямителя по двухфазной схеме, выпрямитель по схеме Греца имеет дополнительное преимущество, заключающееся в том, что вторичная обмотка трансформатора питания имеет вдвое меньшее число витков, а при той же мощности выпрямленное напряжение можно получить при меньших размерах трансформатора.

Работает мостовая схема так. Во время полупериода переменного тока, когда верхний конец вторичной обмотки трансформатора имеет положительный потенциал по отношению к нижнему концу, конденсатор C_1 заряжается импульсами тока, проходящими через диоды $Д_1$ и $Д_3$, а во время следующего полупериода, когда полярность напряжения на обмотке меняется на обратную, — через диоды $Д_2$ и $Д_4$. Следовательно, как и в двухфазной схеме, конденсатор C_1 заряжается дважды за период и частота пульсации выпрямленного тока вдвое больше частоты тока в питающей сети. Вместе с тем амплитуда обратного напряжения на каждом диоде мостовой схемы вдвое меньше, чем при таком же действующем значении напряжения вторичной обмотки в однофазном выпрямителе и при таком же действующем значении напряжения половины вторичной обмотки в двухфазном.

Если нужно получить выпрямленный ток не более 0,1 *а*, то в выпрямителе по мостовой схеме Греца можно применить кремниевые диоды из числа Д206 — Д209, Д229В — Д229Е, Д237А, Д237Б, а когда нужен выпрямленный ток величиной до 0,3 *а*, для него пригодны диоды из числа Д7А —Д7Ж, Д226Д, КД105А, КД105Б. Выпрямленный ток величиной до 1 *а* и более можно получить при использовании в мостовой схеме диодов КД202А — КД202С, Д302, Д302А. Диоды типов Д242 — Д248Б, Д303 — Д305 применяют в мощных выпрямителях.

Токи таких же величин получают с диодами соответствующих типов и от двухфазных выпрямителей. Для однофазного выпрямителя значения тока при данном типе диода снижаются вдвое.

Если от выпрямителя по мостовой схеме нужно иметь выпрямленное напряжение порядка сотен вольт, то в каждом из его четырех плеч должен

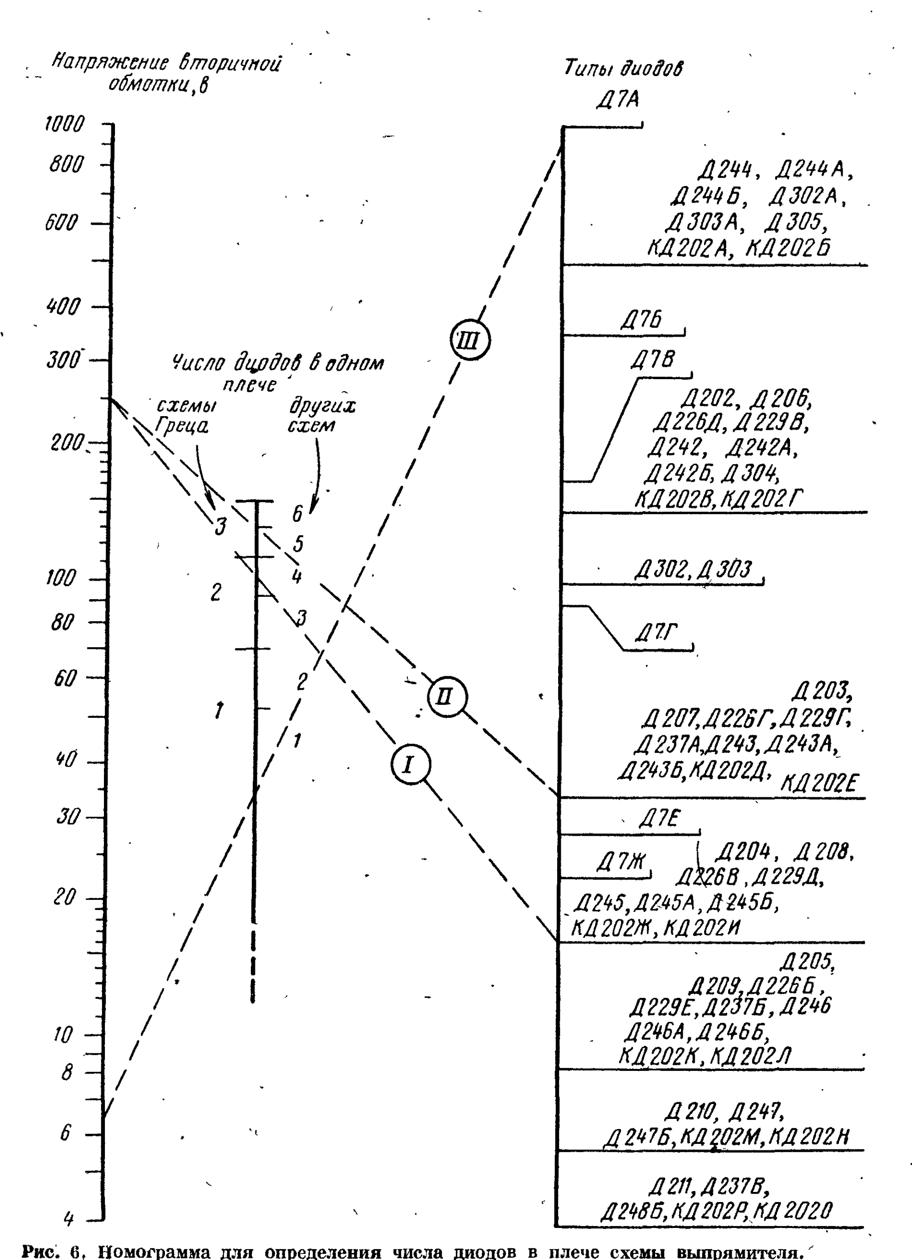


Рис. 6. Номограмма для определения числа диодов в плече схемы выпрямителя.

Примеры пользования:

При напряжении вторичной обмотки трансформатора питания, равном 250 *в*, в каждом плече схемы Греца можно использовать: (*I*) по два диода типа Д226В или (*II*) по 3 диода типа Д226Г; (*III*) в каждом плече низковольтного выпрямителя, получающего переменное напряжение 6,3 *в* с обмотки накала трансформатора питания, можно применить по одному диоду типа Д7А.

работать не один диод, а два или больше последовательно включенных диодов [1]. Тип и необходимое количество диодов в каждом плече мостовой схемы легко определить с помощью номограммы на рис. 6. Для этого деление на левой шкале номограммы, соответствующее величине напряжения вторичной обмотки трансформатора питания, нужно соединить прямой линией с отметкой с обозначением того или иного типа диода на правой шкале. Число слева от средней шкалы в месте пересечения с ней прямой линии и будет минимально необходимым числом диодов в плече.

Подобным же образом по номограмме на рис. 6 можно определить число диодов в плече других схем выпрямителей, но при этом нужно отсчитывать результат по числам справа от средней шкалы, принимая при расчете двухфазного выпрямителя величину напряжения на половине вторичной обмотки трансформатора.

Чтобы обратное напряжение плеча равномерно распределилось между последовательно включенными в него диодами, каждый из них должен быть шунтирован резистором, тип и сопротивление которого следует выбрать по табл. 5.

Таблица 5

Тип диода	Тип резистора	Сопротивление, *ком*	Тип диода	Тип резистора	Сопротивление, *ком*
Д7А	ВС-0,125	6,8	Д206	МЛТ-0,25	330
Д7Б	ВС-0,125	15	Д207, Д237А	МЛТ-0,25	560
Д7В	ВС-0,25	22	Д208	МЛТ-0,25	820
Д7Г	ВС-0,25	33	Д209, Д237Б	МЛТ-0,5	1 *Мом*
Д7Д	ВС-0,25	47	Д226Б	ВС-0,25	82
Д7Е	ВС-0,25	68	Д226В	ВС-0,25	68
Д7Ж	ВС-0,25	82	Д226Г	ВС-0,25	47
Д202, Д229В	МЛТ-0,25	68	Д226Д	ВС-0,125	27
Д203, Д229Г	МЛТ-0,25	120	КД103А, КД103Б	МЛТ-0,25	680
Д204, Д229Д	МЛТ-0,5	180	КД105А	МЛТ-0,25	270
Д205, Д229Е	МЛТ-0,5	270	КД-105Б	МЛТ-0,5	470

В выпрямителях, предназначаемых для питания аппаратуры с электронными лампами, можно рекомендовать применение блоков из селеновых диодов типов АВС-80-260М и АВС-120-270М. Внутри этих блоков диоды соединены по мостовой схеме, и от них выведены четыре контактных лепестка.

Важным преимуществом выпрямителя с селеновыми диодами является устойчивость его к кратковременным коротким замыканиям со стороны выпрямленного напряжения, в то время как при коротком замыкании в выпрямителе с германиевыми или кремниевыми диодами последние обычно выходят из строя и выпрямитель перестает действовать.

Используя блок АВС-80-260М и трансформатор питания с напряжением вторичной обмотки 260 *в* на конденсаторе C_1 емкостью 20 *мкф* или больше (номинальное напряжение конденсатора 350 *в*), можно получить выпрямленное напряжение 290 *в* при токе 80 *ма*. С блоком АВС-120-270М при напряжении вторичной обмотки трансформатора 270 *в* на конденсаторе емкостью не менее 30 *мкф* можно получить выпрямленное напряжение 300 *в* при токе до 120 *ма*. Если напряжение вторичной обмотки будет меньше, примерно

[1] Плечом выпрямительной схемы называют диод или группу диодов, включенных в нее двумя точками, одна из которых присоединена ко вторичной обмотке трансформатора питания, а другая является одним из полюсов выпрямленного напряжения.

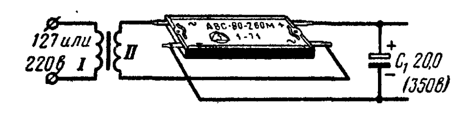


Рис. 7. Использование блока АВС-80-260 в выпрямителе по схеме Греца. Блок АВС-120-270 включается аналогично.

пропорционально снижается и выпрямленное напряжение. Эта закономерность сохраняется при снижении переменного напряжения до 200 *в*.

Порядок соединения блока АВС-80-260 с другими деталями выпрямителя по мостовой схеме Греца показан на рис. 7. Блок АВС-120-270 включается аналогично.

Блок АВС-80-260 (АВС-120-270) укрепляют на металлическом шасси двумя винтами. Он должен прилегать к шасси плотно всей своей поверхностью. Только при этом условии тепло, выделяемое работающим блоком, будет нормально от него отводиться, и он не перегреется. Последнее является условием надежного действия выпрямителя. Монтаж блоков на неметаллических панелях не допустим.

Выпрямитель с удвоением напряжения. Если в однофазном выпрямителе и в выпрямителе по мостовой схеме Греца выпрямленное напряжение на конденсаторе C_1 примерно равно действующему значению напряжения вторичной обмотки трансформатора питания или несколько больше его, а в двухфазном выпрямителе — около действующего значения половины вторичной обмотки, то от выпрямителя по схеме на рис. 8 можно получить выпрямленное напряжение приблизительно в два раза больше действующего значения напряжения вторичной обмотки. Поэтому последняя схема называется схемой с удвоением напряжения. Ее называют также схемой Латура и схемой Дилона.

Выпрямитель по схеме Латура состоит по существу из двух работающих поочередно однофазных выпрямителей. Во время полупериодов питающего напряжения одного знака импульсами прямого тока через диод $Д_1$ заряжается конденсатор C_{1-1}, а во время полупериодов другого знака через диод $Д_2$ заряжается конденсатор C_{1-2}. Эти конденсаторы соединены последовательно. Поэтому между верхней по схеме обкладкой конденсатора C_{1-1} и нижней обкладкой конденсатора C_{1-2} и получается удвоенное напряжение. Частота его пульсации, очевидно, вдвое больше частоты тока в электросети.

Тип и необходимое число диодов в каждом плече схемы Латура можно определить по номограмме на рис. 6, пользуясь числами справа от средней шкалы.

В выпрямителе с удвоением напряжения можно использовать блок типа АВС-80-260 или АВС-120-270 (рис. 9).

Сглаживающие фильтры. На всех показанных выше схемах выпрямителей конденсаторы C_1 и C_2 совместно с резистором образуют сглаживающий фильтр типа *RC*. Конденсаторы применяют преимущественно электролитические. Чтобы аппаратура работала надежно, их номинальное напряжение (обозначено на каждом конденсаторе) должно быть в 1,2—1,5 раза больше выпрямленного напряжения. Только в схеме с удвоением напряжения (рис. 8) номинальное напряжение конденсаторов C_{1-1} и C_{1-2} может быть равно 0,6—0,75 величины выпрямленного напряжения. Чем больше емкости конденсаторов, тем меньше изменяются на них напряжения в интервалах времени между заряжающими импульсами через диоды или, как говорят, меньше пульсации напряжения. Практически в выпрямителях, питающих аппаратуру на электронных лампах, применяют электролитические конденсаторы емкостью порядка десятков микрофарад, а в низковольтных выпрямителях транзисторной аппаратуры — порядка сотен и тысяч микрофарад. При таких емкостях величина напряжения на конденсаторе C_1 изменяется от импульса к импульсу на несколько процентов. Получать на конденсаторе C_1 (он называется входным конденсатором сглаживаю-

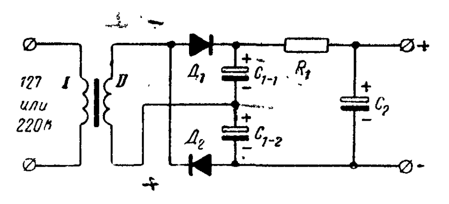


Рис. 8. Схема Латура—Дилона.

щего фильтра) напряжение с меньшими пульсациями экономически и технически нецелесообразно, так как он получился бы очень больших размеров или пришлось бы составлять его из нескольких параллельно включенных конденсаторов.

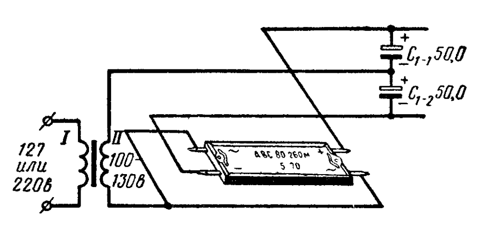


Рис. 9. Использование блока АВС-80-260М (АВС-120-270М) в выпрямителе по схеме Латура—Дилона.

Дальнейшее сглаживание пульсаций выпрямленного напряжения осуществляется RC-звеном, состоящим из резистора R_1 и конденсатора C_2. При соответствующем выборе сопротивления резистора R_1 и емкости конденсатора C_2 на последнем можно получить напряжение со значительно меньшей пульсацией, чем на конденсаторе C_1.

Познакомимся с принципом действия RC-звена сглаживающего фильтра. В то время, когда входной конденсатор фильтра C_1 заряжается проходящим через диод импульсом тока, напряжение на этом конденсаторе, как мы знаем, повышается. Вследствие этого увеличивается ток, подзаряжающий конденсатор C_2 через резистор R_1. Однако при увеличении этого тока падение напряжения на резисторе увеличивается. Поэтому напряжение на конденсаторе C_2 увеличивается на относительно меньшую величину, чем на конденсаторе C_1. Следовательно, в результате совместного действия резистора и конденсатора C_2 пульсация напряжения на последнем получается меньше, чем на входном конденсаторе фильтра C_1.

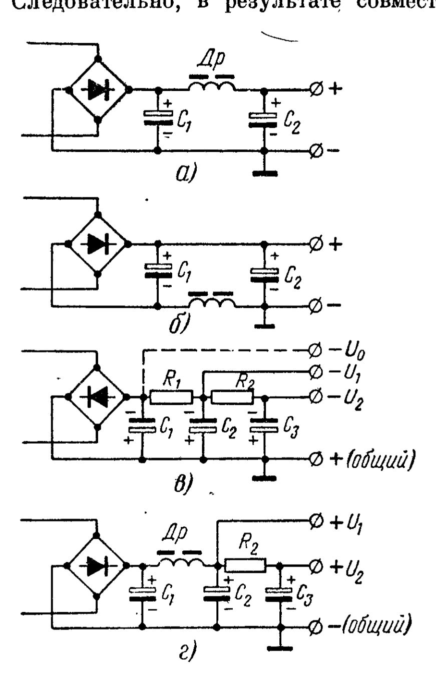


Рис. 10. Варианты схем сглаживающих фильтров.

а — однозвенный LC-фильтр, дроссель включен в положительный полюс выпрямленного напряжения; *б* — то же, дроссель включен в отрицательный полюс; *в* — двухзвенный RC-фильтр; *г* — двухзвенный LRC-фильтр.

Сглаживающее действие RC-звена тем больше, чем больше сопротивление резистора и чем больше емкость конденсатора C_2. Однако с увеличением сопротивления резистора уменьшается не только пульсация напряжения на конденсаторе C_2, но и среднее значение этого напряжения. Это вынуждает ограничивать величину сопротивления резистора в RC-звене, а его сглаживающее свойство повышать, главным образом увеличивая емкость конденсатора.

Вместо RC-звена в сглаживающих фильтрах иногда применяют LC-звенья. Такое звено отличается от RC-звена тем, что вместо резистора в него включен дроссель с сердечником из листовой или ленточной электротехнической стали таким же, как у трансформатора питания (рис. 10, *а*). Дроссели фильтров выпрямителей, питающих транзисторную аппаратуру, обычно имеют индуктивность от долей генри до нескольких генри. В фильтрах выпрямителей, питающих аппаратуру на электронных лампах, применяют дроссели с индуктивностью порядка единиц — десятков генри.

Сглаживание пульсаций дросселем осуществляется потому, что, об-

ладая значительной индуктивностью, он оказывает значительное препятствие всякому изменению тока через него. Когда напряжение на конденсаторе C_1 увеличивается, должен был бы соответственно увеличиваться и ток через дроссель. Но он стремится задержать увеличение тока. Когда же напряжение на конденсаторе C_1 уменьшается, то дроссель поддерживает ток в цепи разряда конденсатора. В результате заряд конденсатора C_2 осуществляется током с пониженной пульсацией. Конденсатор C_2 обеспечивает дальнейшее сглаживание пульсаций. В те интервалы времени, когда он не подваряжается током через дроссель, он отдает накопленную энергию нагрузке выпрямителя.

Заметим, что включение резистора или дросселя между положительными полюсами конденсаторов, т. е. как показано на приведенных выше схемах, применяют в выпрямителях, питающих аппаратуру на электронных лампах. При этом упрощается монтаж фильтров: корпуса электролитических конденсаторов, т. е. их отрицательные полюсы, не нужно изолировать от шасси аппаратуры, они соединяются между собой через металл шасси. Только корпус конденсатора C_{1-1} в выпрямителе с удвоением напряжения должен быть надежно изолирован от металлического шасси.

Сглаживающее действие фильтра не изменяется, если дроссель или резистор включить между отрицательными полюсами конденсаторов (рис. 10, *б*). Такое включение часто оказывается более удобным в выпрямителе, питающем аппаратуру на транзисторах.

В заключение отметим, что RC-фильтры очень широко распространены в выпрямителях радиоприемников, радиол, магнитофонов и электрофонов, так как они имеют меньшие размеры и более дешевы по сравнению с фильтрами, содержащими дроссели. Практически RC-фильтры целесообразно применять во всех случаях, когда мощность выпрямленного тока не превышает 20 *вт*. Когда нужно иметь очень малые пульсации напряжения на питаемой нагрузке, то применяют RC-фильтр, состоящий из двух или большего числа звеньев. На рис. 10, *в* показана для примера схема двухзвенного RC-фильтра. Суммарная емкость конденсаторов в таком фильтре будет меньше по сравнению с однозвенным фильтром, обеспечивающим такую же степень сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения.

Применять дроссель в сглаживающем фильтре целесообразно, если мощность выпрямленного тока, отдаваемого выпрямителем, превышает 25—30 *вт*, например в выпрямителе телевизора.

Пульсация постоянных напряжений, питающих мощные выходные каскады приемников и усилителей низкой частоты, может быть больше пульсации напряжений питания входных и промежуточных каскадов. Вместе с тем мощность тока, идущего на питание выходного каскада, составляет значительную часть общей мощности выпрямителя. Поэтому целесообразно, применяя в выпрямителе двух-трехзвенный сглаживающий фильтр, подавать питание на выходной каскад с конденсатора первого RC-звена (напряжение U_1 в схеме на рис. 10, *в*), а остальные каскады питать через все звенья фильтра (напряжение U_2). В зависимости от требуемого тока и степени сглаживания пульсаций первое звено фильтра может быть RC- или LC-типа. Поскольку через остальные звенья фильтра проходят относительно небольшие токи, эти звенья делают RC-типа. Многозвенные LC-фильтры для питания приемно-усилительной аппаратуры не применяют.

В некоторых случаях часть нагрузки выпрямителя подключают к входному конденсатору фильтра выпрямителя. Так, например, можно питать двухтактные каскады усилителей низкой частоты, которые не вносят существенного фона в передачу при относительно больших пульсациях питающего напряжения. В схеме на рис. 10, *в* напряжение, подаваемое на питание двухтактного оконечного каскада, обозначено U_0.

ФЕРРОРЕЗОНАНСНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ [1]

В некоторых местностях напряжение электросети значительно изменяется в течение суток. В вечернее время, когда нагрузка электросетей наибольшая, напряжение настолько уменьшается, что осветительные лампы горят слабым накалом, а радиоприемники и магнитофоны плохо работают. Особенно неблагоприятно сказывается уменьшение напряжения сети на работе телевизоров: изображение становится плохим, синхронизация нарушается.

Уменьшить колебания напряжений, питающих радиоаппаратуру, можно, применяя стабилизаторы напряжения.

Отечественная промышленность выпускает несколько типов феррорезонансных стабилизаторов напряжения на различные мощности, предназначенных для поддержания напряжений питания сетевых радиовещательных приемников, телевизоров, магнитофонов. Выходные напряжения этих стабилизаторов автоматически поддерживаются с точностью $\pm 2 \div 5\%$ при колебаниях напряжения в электросети $\pm 25 \div 30\%$.

Основой всякого феррорезонансного стабилизатора напряжения является трансформатор с сердечником особой конструкции (рис. 1). На среднем стержне сердечника большего сечения размещается первичная обмотка *I*, к которой подводится напряжение электросети. На стержне меньшего сечения расположена вторичная обмотка, с секции *IIа* которой снимается стабилизированное напряжение на нагрузку. Последовательно с ней соединена добавочная обмотка *III*, расположенная на среднем стержне.

Индуктивность всей вторичной обмотки (секции *IIа* и *IIб*) с конденсатором *C* образует резонансный контур, настроенный на частоту электросети 50 *гц*.

По первичной обмотке протекает ток, создающий насыщение магнитными силовыми линиями стержня малого сечения. Вследствие этого при изменении тока в первичной обмотке, вызванном изменением напряжения питающей сети, магнитный поток в стержне со вторичной обмоткой почти не изменяется; поэтому мало изменяется и напряжение на вторичной обмотке. Явление резонанса улучшает стабильность напряжения на этой обмотке.

Обмотка *III* дает на нагрузку напряжение, противоположное по фазе напряжению, снимаемому с секции *IIа*. В результате напряжение на нагрузке стабилизатора, равное разности напряжений на секции *IIа* и обмотке *III*, изменяется значительно меньше, чем напряжение в электросети.

Наилучшей стабильности напряжения на нагрузке добиваются изменением зазора между сердечником и магнитным шунтом. Таким способом регулируют степень насыщения магнитными силовыми линиями стержня со вторичной обмоткой и настраивают контур в резонанс с частотой сети. Настройку эту осуществляют на заводе. При эксплуатации стабилизатора никаких регулировок его делать не нужно.

Схема, показанная на рис. 1, использована в стабилизаторах СТ-200 (рис. 2,*а*) и ФР-220 заводского производства. Устройство стабилизаторов других типов (рис. 3) может быть несколько иным, но принцип действия не меняется.

Во всех практических конструкциях феррорезонансных стабилизаторов первичная обмотка секционирована, что позволяет включать их в электросети с различными номинальными напряжениями. Число в обозначении типа стабилизатора указывает допустимую мощность его нагрузки.

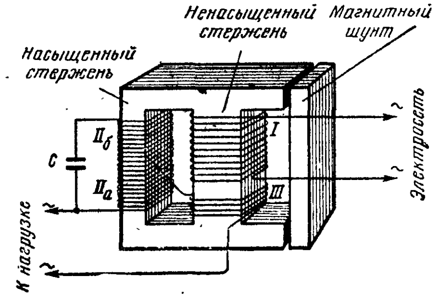


Рис. 1.

[1] Автор Р. М. Малинин.

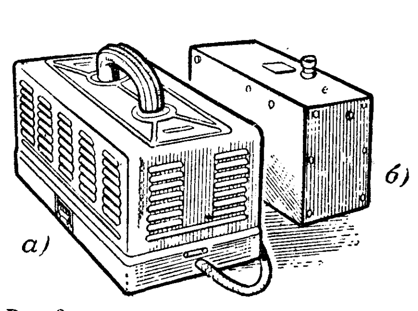


Рис. 2.

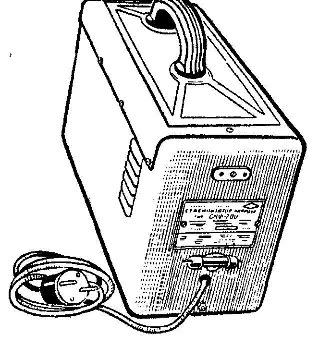


Рис. 3.

Не рекомендуется использование феррорезонансных стабилизаторов в местностях, где частота тока в электросети отличается от стандартной (50 *гц*) или непостоянна, поскольку даже при незначительном отклонении частоты тока питающей сети от номинального значения 50 *гц* работа феррорезонансного стабилизатора ухудшается.

Не следует применять феррорезонансные стабилизаторы для питания аппаратуры с выпрямителями без трансформаторов или с автотрансформаторами, так как в этих случаях постоянная составляющая выпрямленного тока проходит по обмоткам стабилизатора, создает постоянное намагничивание его сердечника, нарушая тем самым нормальную работу стабилизатора.

Феррорезонансные стабилизаторы создают вокруг себя сильные переменные магнитные поля, которые могут вызвать значительные помехи радио- и телевизионному приему. Чтобы избежать этого неприятного явления, стабилизаторы рекомендуется располагать возможно дальше от питаемой аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

В помощь радиолюбителю. Изд-во ДОСААФ, вып. 27, 1966.

В сборнике помещены описания двух практических схем полупроводниковых стабилизаторов напряжения на кремниевых стабилитронах.

Геллер И. Х. Селеновые выпрямители, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

Излагаются сведения об устройстве, конструкции и принципе действия селеновых выпрямителей, их электрических параметрах и свойствах. Рассмотрены наиболее употребительные схемы выпрямления и расчетные соотношения между основными электрическими параметрами. Приведены особенности эксплуатации и номенклатура селеновых выпрямителей.

Предназначена для руководителей радиокружков и подготовленных радиолюбителей.

Дудич И. И. Измерительные устройства для радиолюбителей. Изд-во «Энергия», 1967.

В брошюре есть описание маломощного преобразователя напряжения. Его выходное напряжение 30—40 *в* при токе 3,5 *ма*.

Иваницкий В. В. Помощник радиолюбителя. Изд-во «Московский рабочий», 1967.

В книге имеется глава «Источники питания», в которой рассказывается о питании радиоустройств от сети переменного тока, об источниках питания постоянного тока. Даются советы по восстановлению гальванических батарей и элементов, заделке трещин в аккумуляторных

банках, краске для щелочных аккумуляторов, о защитных устройствах.

В помощь радиолюбителю. Изд-во ДОСААФ, вып. 33, 1969.

В сборнике помещено описание мощного стабилизированного источника питания. Стабилизатор рассчитан на выходное напряжение 30 *в* при номинальном токе нагрузки 6 *а*. В схеме используется 11 транзисторов.

Белопольский И. И. Источники питания радиоустройств. Учебник для техникумов, изд. 3-е. Изд-во «Энергия», 1970, 320 стр.

Приводятся сведения о принципах действия, характеристиках и устройстве трансформаторов, вентилей, дросселей, преобразователей и стабилизаторов различных типов. Рассмотрены основы расчета выпрямителей, фильтров и схем стабилизаторов, а также вопросы проектирования выпрямителей и организации электропитания радиоустройств.

Малинин Р. М. Питание радиоаппаратуры от электросети. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 120 стр.

Приводятся сведения о трансформаторах и автотрансформаторах питания. Даются практические схемы выпрямителей на полупроводниковых диодах, селеновых столбах и кенотронах; излагаются принципы их работы; даются расчеты трансформаторов, автотрансформаторов и сглаживающих фильтров.

Рассматриваются вопросы обеспечения надежности работы трансформаторов питания и выпрямителей в целом.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов.



7 ГЛАВА РАДИОПРИЕМНИКИ

СЕМЬ КАЧЕСТВ ПРИЕМНИКА [1]

Вы включили радиоприемник. Прошло несколько секунд, и из громкоговорителя раздался голос диктора, полились звуки знакомых мелодий.

Давайте поговорим о том, чем определяется качество приема радиопередач.

Естественность. Когда мы слушаем звуки, воспроизводимые радиоприемником, электрофоном или магнитофоном, то прежде всего обращаем внимание на естественность звучания музыки и речи. Для того чтобы можно было сравнить различные приемники с точки зрения качества воспроизведения звука, необходимо ясно представить себе, что такое звук.

Все звуки — человеческого голоса, музыкальных инструментов и т. п. — представляют собой колебания воздуха. Каждая нота, каждый музыкальный тон создаются колебаниями определенных частот. Однако одна и та же нота у различных исполнителей звучит по-разному. Именно поэтому мы узнаем голоса знакомых певцов, отличаем звуки флейты от звуков

---

[1] Авторы: Л. В. Кубаркин и Е. А. Левитин.

скрипки. Это объясняется тем, что звуковые колебания, создаваемые голосом или инструментом, состоят не только из основного тона, но и дополнительных, более высоких по частоте колебаний, характерных только для данного голоса или инструмента. Без этих дополнительных колебаний или, как их называют, *обертонов* или *гармоник* голоса певцов или звуки инструментов лишились бы своей индивидуальной окраски (тембра): скрипку нельзя было бы отличить от флейты, голос одного певца — от голоса другого.

Поэтому приемник должен воспроизводить не только колебания основных частот, но по возможности и все обертоны, излучаемые источниками звука, причем нужно сохранить правильное соотношение между громкостью звучания колебаний всех частот, не выделяя одних тонов и не приглушая других. Иначе говоря, приемник не должен вносить частотных искажений.

Человеческое ухо слышит звуковые колебания, частоты которых лежат приблизительно в пределах от 16 до 16 000 *гц*. Однако воспроизводить в радиопередаче всю эту полосу частот по ряду причин трудно. Опытным путем определены те нормы частотных искажений, которых ухо почти не замечает и которые можно поэтому считать вполне допустимыми.

К сожалению, громкоговорители не удается изготавливать так, чтобы они одинаково хорошо воспроизводили всю полосу частот, требующуюся для естественного звучания. Поэтому в лучших радиоприемниках применяют по нескольку громкоговорителей, чаще всего по 3—4 громкоговорителя: одни из них предназначаются для воспроизведения более высоких звуковых частот, другие — более низких.

Применение в одном радиоприемнике нескольких громкоговорителей дало возможность устранить еще один недостаток радиоприемников, известный под названием «звучащей точки». Натуральные источники звука обычно имеют какую-то протяженность. Оркестр, хор, актеры на сцене и т. п. занимают некоторую площадь, и производимые ими звуки, если мы слушаем их непосредственно в месте исполнения, доносятся к нам с разных направлений. Мы различаем эти направления благодаря наличию двух ушей [1]. Однако при радиоприеме с одним громкоговорителем все звуки исходят из него, как бы из одной точки, и мы чувствуем известную неестественность звучания радиопередачи.

Если применить в радиоприемнике несколько громкоговорителей, поместив один из них или два на передней панели, а два — на боковых стенках, то звуки от последних будут направляться к стенам помещения, отражаться от них и оттуда доходить до слушателей. Такая система получила название *системы объемного звучания*, поскольку звуки приходят из разных мест объема помещения. Подобная система устраняет впечатление «звучащей точки», но не дает слушателям возможности определить расположение источников звука. А мы могли бы это осуществлять, так как улавливаем звуки двумя ушами. Это явление называется *стереофоническим эффектом*. В настоящее время осуществлено и стереофоническое звуковоспроизведение [1].

Само собой разумеется, что применение нескольких громкоговорителей и других устройств, нужных для воспроизведения очень широкой полосы частот и реализации других высоких показателей, о которых речь будет дальше, удорожает радиоприемники. Все это может быть полностью осуществлено лишь в приемниках высшего класса и лишь в какой-то степени в приемниках более дешевых.

У нас принято деление радиоприемников в качественном отношении на пять классов: высший, первый (I), второй (II), третий (III) и четвертый (IV). О разнице между ними, хотя бы в отношении полосы воспроизводимых частот, можно судить по таким цифрам.

Настольные приемники высшего класса конструируют так, что во время приема радиовещательных станций, работающих на длинных, средних и коротких волнах, они могут воспроизводить полосу звуковых частот от 60 до 6 000 *гц*, первого класса — от 80 до 4 000 *гц*, второго класса — от 100 до 4 000 *гц*, третьего класса — от 150 до 3 500 *гц* и четвертого класса —

---

[1] См. статью «Стереозвук» на стр. 67.

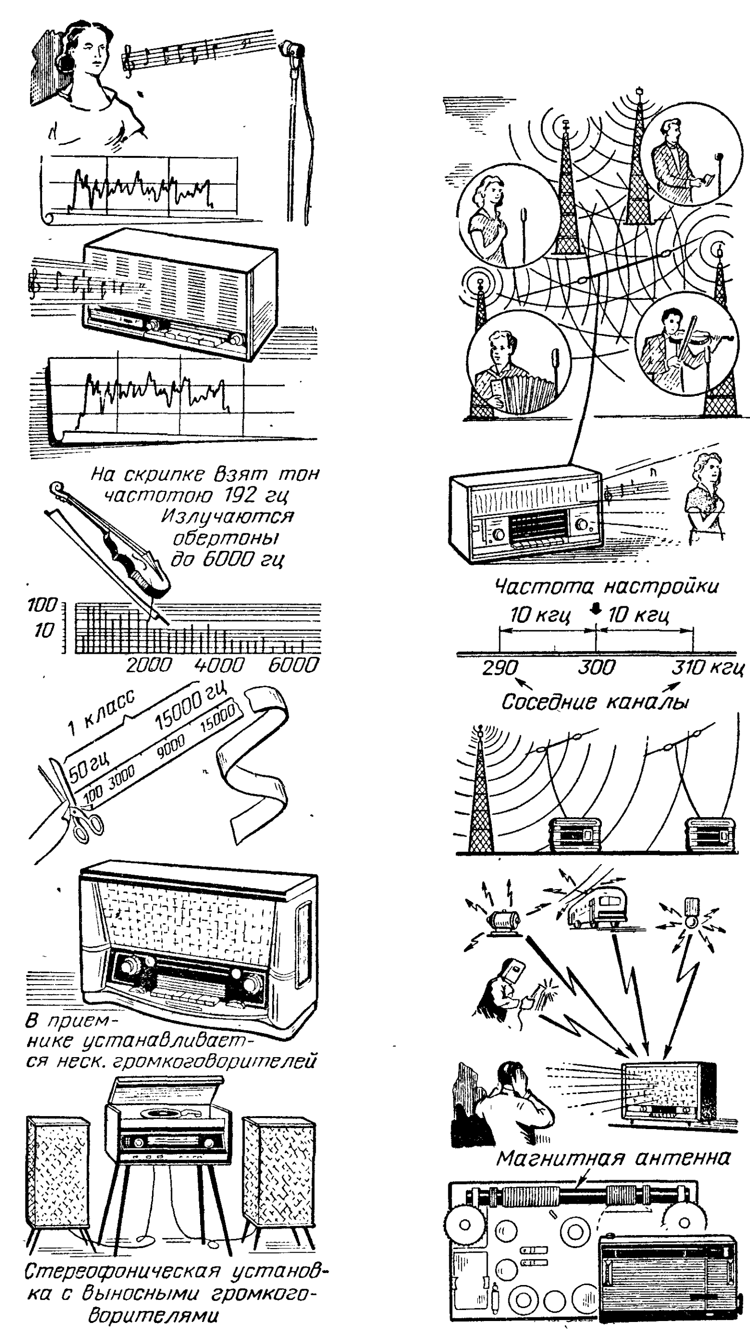

На скрипке взят тон частотою 192 гц
Излучаются обертоны до 6000 гц
100
10
2000
4000
6000
1 класс
50 гц
15000 гц
100
3000
9000
15000
В приемнике устанавливается неск. громкоговорителей
Стереофоническая установка с выносными громкоговорителями
Частота настройки
10 кгц
10 кгц
290
300
310 кгц
Соседние каналы
Магнитная антенна

Рис. 1.

Рис. 2.

только от 200 до 3 000 *гц*. Как видно, качество приема радиостанций на приемники последних классов весьма далеко от идеального.

Вместе с тем при приеме ультракоротковолновых радиовещательных станций, которые работают с частотной модуляцией, воспроизводимая полоса звуковых частот расширяется в 2—3 раза. В этом случае настольные приемники высшего класса имеют полосу воспроизводимых звуковых частот от 60 до 15 000 *гц*, а приемники того же класса, но в мебельном оформлении (здесь можно увеличить число громкоговорителей и их размеры) — даже от 40 до 15 000 *гц*, т. е. в воспроизводимую ими полосу входят почти все частоты, которые способно воспринимать человеческое ухо. Соответственно верхняя граница полосы звуковых частот у приемников первого класса расширяется примерно до 12 000 *гц*, у приемников второго класса до 10 000 *гц*, а у приемников третьего и четвертого классов до 7 000 и 6 000 *гц* соответственно. Вот какие качественные преимущества можно получить на УКВ с частотной модуляцией.

Заметим, что у переносных радиовещательных приемников, где вследствие ограниченного объема конструкции не только нет возможности разместить несколько громкоговорителей, но и единственный громкоговоритель приходится делать небольшого размера, воспроизводимая полоса значительно сокращается со стороны нижних звуковых частот. Поэтому переносные приемники, которые можно было бы отнести к высшему классу, в настоящее время изготавливать невозможно, а переносные приемники даже первого класса практически не воспроизводят частот ниже 150 *гц*, второго класса — ниже 200 *гц*, а третьего и четвертого классов — ниже 300 и 450 *гц* соответственно. Как видно, от простых переносных приемников нельзя ожидать такого же качества воспроизведения передач, как от приемников стационарных.

Но можно ли считать, что отсутствие частотных искажений является достаточной гарантией естественного звучания передачи?

Исследования показали, что этого считать нельзя. Наряду с частотными искажениями наблюдаются *нелинейные искажения*. Так называют искажения, проявляющиеся в том, что в воспроизводимом звуке изменяется интенсивность звучания обертонов (гармоник) или появляются дополнительные частоты. Сильные нелинейные искажения проявляются в виде хрипов и дребезжаний, сопровождающих воспроизводимую передачу.

Установлено, что ухо почти не замечает нелинейных искажений, если энергия возникших дополнительных колебаний не превышает 3—5% по отношению к энергии колебаний тех частот, которые необходимо передать без искажений. Такому условию удовлетворяют приемники высшего класса. У приемников других классов допускаются бо́льшие нелинейные искажения; они и доходят до 10 и даже 12% у приемников IV класса.

Громкость. Качество звучания приемника определяется не только естественностью воспроизведения, но и громкостью.

Что такое громкость? Громче мы слышим те звуки, которые своими колебаниями оказывают большее давление на барабанную перепонку нашего уха, заставляя ее сильнее колебаться. Амплитуда звуковых колебаний больше при большей громкости звука.

Источником звука являются колеблющиеся струны и деки в струнных или столб воздуха в духовых музыкальных инструментах, а в радиоприемнике — громкоговоритель, точнее — его диффузор. Чем больше размах колебаний диффузора, т. е. чем больше амплитуда колебаний воздуха, тем больше громкость.

Колебания диффузора происходят за счет электрической энергии, подводимой к громкоговорителю. Поэтому для получения достаточно громкого звука надо подвести к громкоговорителю достаточно большую электрическую мощность. О громкости звучания можно судить по величине мощности, создаваемой выходным каскадом приемника, или, как принято говорить, по *выходной мощности приемника*.

Приемники различных типов имеют неодинаковую выходную мощность. Величина этой мощности определяется выбранной схемой приемника, типом

выходных ламп или транзисторов и режимом их работы. Выходная мощность батарейных приемников составляет обычно 0,1—0,2 *вт*, небольших сетевых приемников — 0,5 *вт*, приемников среднего качества — до 2 *вт*, а высококачественных приемников — 4—5 *вт* и больше.

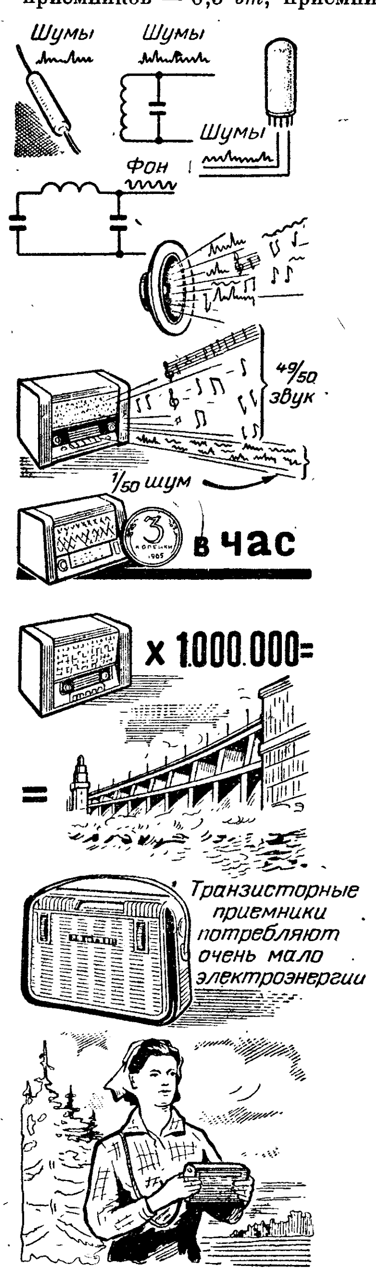


Рис. 3.

Получение большой громкости от одного громкоговорителя затруднительно. Применение нескольких громкоговорителей, давая возможность воспроизведения широкой полосы частот, одновременно позволяет добиться большой громкости звучания без искажений.

Избирательность. Способность приемника выделять только сигналы выбранной станции и ослаблять сигналы мешающих станций называется *избирательностью*.

Сигналы разных радиостанций различаются частотой колебаний (длиной волны); следовательно, приемник должен обладать способностью отфильтровывать колебания всех частот выше и ниже необходимой. Эта сложная задача выполняется с помощью колебательных контуров. От количеств и качества их, а также от схемы приемника зависит способность приемника отсеивать сигналы «ненужных» радиостанций.

Об избирательности в первую очередь судят по тому, насколько хорошо ослабляет приемник сигналы так называемой «соседней» станции или, как говорят, «соседнего» канала.

Сигнал «соседней» радиовещательной станции, работающей на длинной, средней и короткой волне, по международным соглашениям отличается от частоты принимаемой станции на величину 10 *кгц* (в сторону большей или меньшей частоты). Приемник среднего качества должен ослаблять сигналы станции, работающей на соседнем канале, по крайней мере в 50—80 раз, а высшего класса — в 1 000 раз по сравнению с сигналами принимаемой станции. В радиовещательном ультракоротковолновом диапазоне (работа с частотной модуляцией) соседним каналом считают частоту, отстоящую от частоты принимаемой станции на 250 *кгц*.

Чувствительность характеризует способность приемника принимать слабые сигналы. Практически на вход приемника поступает сигнал, напряжение которого измеряется иногда тысячными, а чаще миллионными долями вольта (микровольтами — *мкв*), см. стр. 210 («Напряженность поля»). Такие слабые сигналы приходится усиливать в приемнике в сотни тысяч и даже миллионы раз. Чем больше усиление приемника, тем выше его чувствительность к слабым сигналам. Усиление зави-

сит от качества (добротности) контуров, от параметров и числа примененных ламп или транзисторов.

Однако высокую чувствительность современного приемника не всегда удается использовать, в особенности в городах, где много источников помех (электродвигатели, трамваи, троллейбусы, медицинские приборы, электрические звонки и т. п.). Слабые сигналы далеко расположенных станций часто заглушаются этими помехами, сигналы «тонут» в море помех. Поэтому принимать можно передачи только таких станций, сигналы которых в достаточной степени превышают уровень помех.

Этим объясняется то, что даже у радиоприемников высшего класса не стремятся добиться чувствительности, превышающей несколько десятков микровольт (примерно 50 *мкв*), а приемники всех других классов имеют обычно чувствительность порядка 100—300 *мкв.* Лишь на ультракоротковолновом (УКВ) диапазоне, где помех почти нет, чувствительность приемников высшего класса достигает 5 *мкв*, а приемников других классов составляет 10—30 *мкв.*

Надо отметить, что чувствительность не только определяет способность приемника принимать сигналы удаленных станций, но и показывает возможность приема станций на небольшие антенны. Приемник, обладающий высокой чувствительностью, позволяет принимать передачи на комнатную или магнитную антенну.

Отсутствие шумов. Чувствительность и избирательность не обеспечат хорошего качества приема, если он будет сопровождаться атмосферными разрядами и помехами от различных электроустановок, проникающими в приемник извне. Очень эффективным средством борьбы с помехами электроустановок, а также и других радиостанций является применение магнитной антенны, помещающейся внутри корпуса приемника. Но мешающие приему шумы могут возникать и в самом приемнике. Эти шумы можно разбить на две основные категории: на шумы, порождаемые лампами, транзисторами и некоторыми деталями, и на фон переменного тока в приемниках с питанием от сети, возникающий из-за плохого сглаживания выпрямленного тока.

Собственные шумы приемника особенно ощущаются при негромкой передаче или в паузах. Такие шумы не позволяют воспроизводить очень слабые звуки, они заглушают их.

Поэтому для фона переменного тока и для прочих собственных шумов приемника установлены жесткие нормы: напряжение собственных шумов на выходе приемника не должно превышать некоторого предельного напряжения, развивающегося при нормальной громкости. Считается удовлетворительным, если напряжение фона в 30—50 раз меньше напряжения сигнала; в лучших приемниках напряжение фона должно быть в несколько сотен раз и даже в 1 000 раз меньше наибольшего выходного напряжения.

Экономичность. Мы рассматривали до сих пор приемник только с точки зрения качества приема. Но приемнику следует дать оценку также и с экономической стороны.

Об экономичности радиоприемника судят по количеству электроэнергии, потребляемой им во время работы.

Казалось бы, что для приемников с питанием от электросети экономичность не так уж существенна — ведь электроэнергия дешева и стоимость работы приемника исчисляется десятыми долями копейки в час. Но это не совсем так. Хотя средний ламповый радиоприемник и потребляет от сети всего примерно 30—60 *вт*, что по стоимости составляет 0,1—0,3 коп. в час, но при современных масштабах радиофикации лишняя затрата энергии на питание приемников составляет большую дополнительную нагрузку для электростанций.

Транзисторные приемники (с полупроводниковыми приборами вместо ламп) потребляют очень мало электроэнергии — например, от двух батареек для карманного фонаря приемник может работать несколько месяцев.

Удобство обращения. Среди прочих качеств, которыми должен обладать приемник, важное место отводится удобству обращения. Размеры и форма приемника, число ручек управления и их расположение, вид шкалы — все это определяет удобство пользования им.

Удобство обращения, конечно, не входит в число электрических показателей радиоприемников, но при общей оценке приемника с ним нельзя не считаться.

Мы очень кратко познакомились с самыми основными качествами радиоприемника. Чтобы обеспечить их, конструкторы непрестанно совершенствуют схемы, создают новые детали, улучшают конструкцию приемника. Радиолюбитель, собирающийся заняться конструированием приемников, должен отчетливо представлять себе, чем именно в схеме, деталях или конструкции приемника определяется то или иное его качество.

Конструирование приемников усложняется тем, что многие их важные качественные показатели противоречивы. Например, для повышения избирательности приходится увеличивать число колебательных контуров, а это часто приводит к сужению полосы воспроизводимых частот. Повысить чувствительность можно, применив для усиления большее число ламп или транзисторов, а это приводит к увеличению собственных шумов. Поэтому все элементы, из которых строится приемник, надо выбирать очень умело и тщательно, чтобы удовлетворять предъявленным к приемнику требованиям.

В заключение скажем, каким классам отвечают конкретные типы отечественной аппаратуры промышленного производства.

Радиолами класса «высший» являются: «Беларусь-62-стерео», «Симфония», «Симфония-2», «Эстония-стерео» (все четыре стереофонические), «Эстония-3», «Эстония-4». К радиоприемной аппаратуре класса I относятся радиолы «Беларусь-103», «ВЭФ-Радио», «Иоланта», «Рига-101» (стереофоническая), «Рига-102», «Ригонда», «Урал-110» и переносный приемник «Рига-103» («Нептун»). Классу I отвечают также радиоприемники, входящие в состав магнитол «Миния-4» и «Романтика М», но как магнитофоны они удовлетворяют лишь требованиям по классам II и III соответственно.

К числу приемной радиовещательной аппаратуры класса II относятся радиолы: «Бирюза», «Гамма», «Латвия», «Латвия М», «Сакта» и переносный транзисторный приемник «Океан».

Радиолы: «Авангард», «Ангара», «Агат», «Рекорд-68», «Кантата», «Сибирь», «Сириус», «Сокол-6» и «Чайка» относятся к классу III. Магнитола «Фиалка» соответствует классу III как при приеме радиовещательных передач, так и при записи и воспроизведении с магнитной ленты.

Настольная радиола без УКВ диапазона «Бригантина», переносные транзисторные радиоприемники: «Вега», «Рига-301», «Гиала,» «Сувенир», «Орбита» и др. соответствуют классу IV.

Телевизоры «Горизонт-10», «Рубин-110» и «Рубин-111» обеспечивают качество звукового сопровождения по классу I, унифицированные телевизоры УНТ 47/59, выпускаемые под названиями: «Березка», «Восход», «Зорька», «Изумруд», «Крым», «Огонек», «Рубин-106», «Рубин 106-1», «Рубин-107», «Чайка» — по классу II, а телевизоры серии УНТ 35 («Весна-301», «Рассвет», «Рекорд-6», «Рекорд-64») — по классу III.

К числу бытовых магнитофонов класса II относятся: «Астра-4», «Днипро-14А», «Вильма», «Комета МГ209», «Яуза-6», а магнитофонами класса III являются: «Айдас 9М», «Весна», «Дайна», «Дельфин», «Орбита», «Романтик-3», «Соната-1», «Чайка-66», «Яуза-5».

«Десна» и «Мрия» являются магнитофонами класса IV.

Электрофоны: РГ4С «Юбилейный-стерео», РГ-5С (оба стереофонические) соответствуют классу II, а «Волна», РГ-3 «Юбилейный», «Каравелла», «Молодежный» — классу III.

Бытовые магнитофоны и электрофоны классов «высший» и I в серийном производстве пока еще не освоены.

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И КЛАССЫ ЕГО КАЧЕСТВА[1]

Понятия: «качество звуковоспроизведения» и «естественность звучания» связаны с явлениями, которые обобщают под понятиями: «искажения» и «помехи». При этом на дефекты воспроизведения не все слушатели реагируют одинаково. Слушая какую-либо передачу или звукозапись, одни отметят наличие искажений и помех, а другие не обратят на них внимания. При воспроизведении речи искажения обычно ощущаются меньше, чем при воспроизведении музыки.

Вместе с тем потребитель нередко согласен пользоваться недорогой аппаратурой, примиряясь с тем, что звуковоспроизведение будет несколько отличаться от «естественного».

По этим причинам имеется несколько классов качества звуковоспроизведения с помощью громкоговорящих систем и соответствующее число классов радиол, радиовещательных приемников, магнитофонов и электрофонов. Показатели качества для каждого класса звуковоспроизведения установлены методами статистики на основании многочисленных опытных исследований.

Класс «высший». Требования к качеству звуковоспроизведения по классу «высший» наиболее строгие: подавляющее большинство (около 90%) слушателей, специально приглашаемых в качестве экспертов к участию в опытах по оценке качества звуковоспроизведения, не замечают искажений, фона переменного тока и других помех; при этом не замечают дефектов звуковоспроизведения даже 70—85% профессионально «натренированных» экспертов (музыканты, звукорежиссеры и др.). Это означает, что если слушатели не будут заранее «настроены» на то, что радиопередача или звукозапись, которую они слушают, несколько искажена и сопровождается слабыми помехами, дефектов звуковоспроизведения они не заметят.

Звуковоспроизведение, отвечающее требованиям класса «высший», можно получить при приеме радиовещания на ультракоротких волнах с частотной модуляцией и при воспроизведении магнитофонных записей при скорости ленты не менее 19,05 *см/сек*, применяя несколько громкоговорителей. При этом различные громкоговорители должны обладать различными частотными характеристиками — воспроизводить отдельные части полного рабочего диапазона звуковых частот: от 40—60 до 15 000—16 000 *гц*.

Класс I. При непосредственном сравнении звучания передач или записей различного характера по классу I с воспроизведением по классу «высший» отличие замечают приблизительно 20—25% «рядовых» слушателей и около 50% профессиональных музыкантов.

Программы с качеством по классу I передают радиовещательные станции, работающие на длинных, средних и коротких волнах. Однако необходимость иметь высокую избирательность радиоприема, особенно при наличии помех, приводит к тому, что весь диапазон передаваемых частот (50—10 000 *гц*) не может быть эффективно воспроизведен — он сужается в радиоприемнике со стороны верхних частот (см. статью «Семь качеств приемника»). В результате во время приема передач длинноволновых, средневолновых и коротковолновых радиовещательных станций даже на самые совершенные радиолы и радиоприемники нет технической возможности получить звуковоспроизведение музыки с качеством, соответствующим классам «высший» и первый (как при приеме радиовещания на ультракоротких волнах).

Воспроизведение магнитофонных записей с качеством по классу I достижимо при скорости ленты не менее 9,53 *см/сек*.

Радиола, приемник, магнитофон, обеспечивающий звуковоспроизведение по классу I, имеют несколько громкоговорителей с различными частотными характеристиками или, в крайнем случае при монофоническом звуковоспроизведении, один специальный широкополосный громкоговоритель.

---

[1]Автор Р. М. Малинин.

Класс II. Качество звуковоспроизведения передач и записей по классу II таково, что при непосредственном сравнении его с воспроизведением по классу «высший» различие замечают примерно половина «рядовых» слушателей и три четверти профессионалов-музыкантов. Классу II удовлетворяет радиотрансляционный тракт, состоящий из усилительного оборудования радиоузла и проводных линий, соединяющих радиоузел с абонентами (без громкоговорителя). Следовательно, радиопередачу, получаемую по радиотрансляционной сети, можно записать с качеством по классу II на магнитофон, класс которого не хуже второго. При этом скорость ленты должна быть не менее 9,53 *см/сек.*

Класс III. При непосредственном сравнении звуковоспроизведения радиопередач или звукозаписей с качеством по классу III с воспроизведением по классу «высший» искажения и помехи замечают приблизительно три четверти слушателей. Звучание с качеством по классу III получается обычно при слушании передач на простые, недорогие приемники, на малогабаритные громкоговорители массового типа по радиотрансляционной сети и при воспроизведении магнитофонных записей при скорости движения ленты 4,76 *см/сек.*

Класс IV. При звуковоспроизведении по этому классу искажения замечают в большей или меньшей мере все слушатели, особенно при воспроизведении музыкальных программ.

Качество звуковоспроизведения по тому или иному классу достигается в аппаратуре различных видов (радиолы, магнитофоны, электрофоны) различными техническими средствами. Если естественность звучания программ через радиолы, радиовещательные приемники в значительной мере определяется свойствами примененных в них громкоговорителей, усилителей низкой частоты и величиной фона, наводимого источниками питания, то в обеспечении требуемого качества воспроизведения звукозаписи, кроме того, существенную роль играют скорость и равномерность вращения граммофонного диска или движения магнитной ленты, степень проникания сигнала с соседней звуковой дорожки и другие факторы. При телевизионном приеме качество звукового сопровождения могут ухудшить помехи от цепей разверток и сигнала изображения.

Подчеркнем, что наличие радиолы, магнитофона высокого класса еще не означает, что с их помощью можно получить высококачественное звуковоспроизведение. Выше мы отметили ограничения, которые имеют место при приеме радиовещания на длинных, средних и коротких волнах. Очевидно также, что с изношенной граммофонной пластинки или с магнитной ленты, запись на которой выполнена плохо, даже самая высококачественная аппаратура не даст хорошего звуковоспроизведения.

НАПРЯЖЕННОСТЬ ПОЛЯ

Величины напряжений высокой частоты в приемных антеннах зависят от напряженности поля станций в месте приема. *Напряженность поля* численно равна напряжению, которое получается в приемной антенне с действующей высотой 1 *м.*

Напряженность поля местных радиостанций измеряется обычно десятками тысяч микровольт на метр (*мкв/м*).

Хорошо слышимые на современном приемнике станции создают напряженность поля от нескольких сотен примерно до 1 000 *мкв/м.* Станции средней слышимости развивают напряженность поля порядка 100 *мкв/м.* Станции, слышимые слабо, создают поле напряженностью менее 50 *мкв/м.* Прием таких станций не вполне регулярен, а в районе действия электрических помех часто бывает совсем невозможен. При отсутствии атмосферных, индустриальных и всякого рода иных помех хороший современный приемник может давать не особенно громкий прием сигналов при напряженности поля 5—15 *мкв/м.*

ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ [1]

Приемники с электронными лампами или транзисторами дают возможность принимать сигналы отдаленных радиостанций и получать громкоговорящий прием. Они требуют для своей работы источники энергии в виде батарей или электросетей, причем энергия принятых волн лишь управляет энергией источника. С помощью электронных ламп или транзисторов производится усиление колебаний в сотни тысяч и даже в миллионы раз.

Блок-схема приемника прямого усиления показана на рис. 1. Колебания из антенны попадают во входную часть приемника, представляющую собой резонансный контур, связанный с антенной. На рис. 1 показана часто применяемая индуктивная связь антенны с входным контуром. Входной контур, настраиваемый на частоты принимаемых сигналов, осуществляет предварительную избирательность. От входного контура колебания подводятся к усилителю высокой частоты (УВЧ), имеющему обычно не более двух каскадов. Усилитель высокой частоты при помощи электронных ламп или транзисторов и настроенных в резонанс контуров дает значительное усиление и повышение избирательности. После усиления колебания высокой частоты поступают на детектор, который часто также и усиливает колебания. Полученные после детектора колебания низкой (звуковой) частоты усиливаются каскадами усиления низкой частоты (УНЧ). От последнего каскада колебания низкой частоты поступают на громкоговоритель или телефон.

Без детектора приемник работать не может. Усилители высокой и низкой частоты вообще не обязательны. Но каскады усиления высокой частоты улучшают чувствительность и избирательность приемника, а усиление низкой частоты необходимо для увеличения громкости приема.

Для краткой характеристики приемников прямого усиления применяют следующие условные обозначения. Буквой V обозначают детектор. Число каскадов УВЧ и УНЧ указывают соответственно цифрой до и после буквы V. Например: 1-V-1 — приемник, имеющий один каскад УВЧ, детектор и один каскад УНЧ; 0-V-2 — приемник без УВЧ, но с двумя каскадами УНЧ.

Диодный детектор. Вакуумный и полупроводниковый диоды работают в детекторе примерно одинаково. Достоинством диодного детектора являются малые искажения, а недостатком — отсутствие усиления.

На рис. 2, *а* графически показан процесс детектирования диодом амплитудно-модулированных высокочастотных колебаний. Вдоль нижней вертикальной оси изображена кривая модулированного напряжения, подаваемого на диод, а вдоль правой горизонтальной оси построен с помощью характеристики диода график пульсирующего в нем тока. Этот ток содержит, кроме составляющей высокой частоты, еще постоянную составляющую и составляющую низкой частоты. Для упрощения графики на рис. 2, *а* приведены для случая, когда последовательно с диодом не включено никакого сопротивления.

[1] По разным источникам.

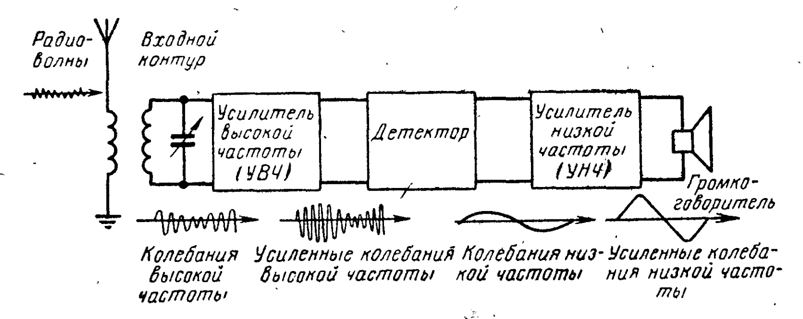


Рис. 1. Блок-схема приемника прямого усиления.

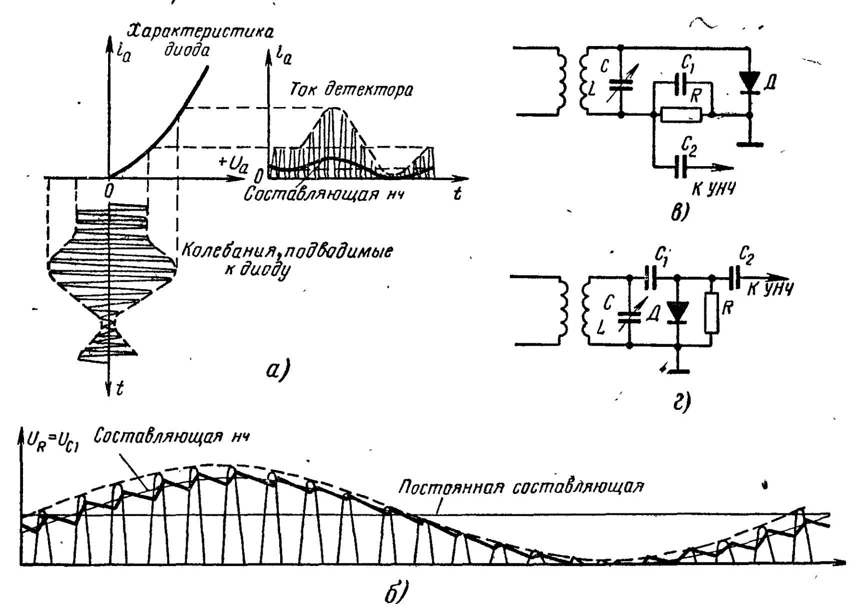


Рис. 2. Графическое изображение процесса детектирования с помощью диода (*а* и *б*) и схемы диодных детекторов: последовательная (*в*) и параллельная (*г*).

В последовательной схеме диодного детектора (рис. 2, *в*) резистор R включен последовательно с диодом. Переменное модулированное напряжение с контура LC подается на диод. Чтобы на резисторе R не терялась значительная часть переменного напряжения высокой частоты, его шунтируют конденсатором C_1, сопротивление которого для токов высокой частоты невелико.

Составляющая высокой частоты пульсирующего тока диода проходит через конденсатор C_1 и контур LC. Постоянная составляющая и составляющая низкой частоты проходят через катушку контура L и резистор R, создавая на нем напряжение, пульсирующее с низкой частотой. Переменное напряжение низкой частоты поступает на усилитель низкой частоты через разделительный конденсатор C_2, который служит для того, чтобы на УНЧ не подавалось постоянное напряжение, также получающееся на резисторе R. Емкость конденсатора C_2 в ламповом приемнике должна быть не менее нескольких тысяч пикофарад, чтобы он хорошо пропускал колебания низкой частоты.

Конденсатор C_1, шунтирующий резистор R, служит для подачи через него переменного напряжения от контура на диод и сглаживает высокочастотные пульсации напряжения на резисторе R (действует аналогично входному конденсатору сглаживающего фильтра выпрямителя). При наличии конденсатора C_1 постоянное напряжение и напряжение низкой частоты на резисторе R увеличиваются.

На рис. 2, *б* показан график напряжения на резисторе R при детектировании модулированных колебаний.

В схеме детектора на рис. 2, *г*, называемой параллельной, применено параллельное соединение диода и нагрузочного резистора R. Переменное напряжение от контура LC подается на диод через конденсатор C_1. Высокочастотная составляющая тока диода проходит через C_1 и контур, а постоянная и низкочастотная составляющие — через резистор R, так как конденсатор C_1 не пропускает постоянный ток и представляет очень большое сопротивление для тока низкой частоты. На резисторе R получается постоянное

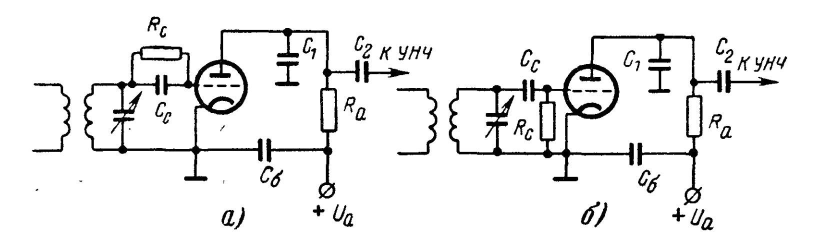


Рис. 3. Схема сеточного детектирования.

напряжение и напряжение низкой частоты. Последнее через конденсатор C_2 подается на УНЧ.

Сеточный детектор. В ламповых приемниках прямого усиления часто применяют сеточный детектор с триодом или пентодом. В нем детектирование амплитудно-модулированных колебаний происходит в цепи управляющей сетки. При этом роль диода выполняет промежуток сетка — катод, где сетка является анодом (рис. 3). Как и в схеме диодного детектора, в цепь управляющей сетки включены резистор $R_с$ с большим сопротивлением и конденсатор $C_с$. В схеме на рис. 3, *а* резистор включен последовательно и шунтирован конденсатором. Эта схема аналогична последовательной схеме диодного детектора (рис. 2, *в*). В схеме на рис. 3, *б* резистор $R_с$ включен параллельно промежутку сетка — катод, как в параллельной схеме диодного детектирования (рис. 2, *г*). Емкость конденсатора $C_с = 100 \div 200$ *пф*, а сопротивление резистора $R_с = 1 \div 3$ *Мом*.

При детектировании амплитудно-модулированных колебаний в цепи сетки появляется пульсирующий ток, состоящий из трех составляющих: составляющая высокой частоты проходит через конденсатор $C_с$, а две другие составляющие проходят через резистор $R_с$ и создают на нем напряжение, меняющееся со звуковой частотой. Оно воздействует на анодный ток триода, в котором появляются пульсации звуковой частоты. Иначе говоря, напряжение звуковой частоты, получившееся на резисторе $R_с$, усиливается триодом. Одновременно усиливается и напряжение высокой частоты, так как оно тоже имеется на сетке. По существу в сеточном детекторе происходят диодное детектирование и усиление колебаний низкой частоты. Для хорошей работы сеточного детектора рабочая точка должна находиться на прямолинейном участке характеристики анодного тока и на изгибе характеристики сеточного тока.

В анодную цепь триода включен резистор $R_а$, на котором создается усиленное напряжение низкой частоты. Это напряжение через разделительный конденсатор C_2 подается на УНЧ. При его отсутствии вместо резистора $R_а$ включают телефон. Высокочастотная составляющая анодного тока пропускается мимо резистора $R_а$ через конденсатор C_1 емкостью в сотни пикофарад, включенный между анодом и катодом лампы.

У некоторых ламп с катодом прямого накала сеточный ток начинается не при нулевом, а при положительном напряжении на сетке порядка десятых долей вольта. При

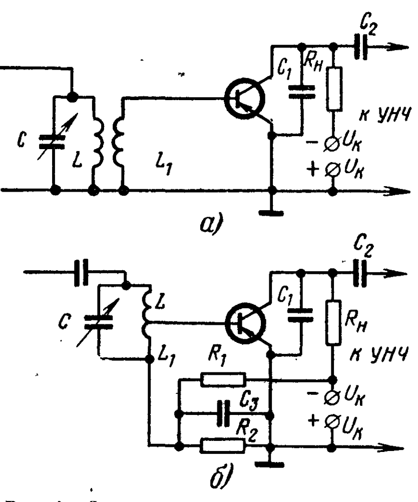


Рис. 4. Схемы транзисторных детекторов.

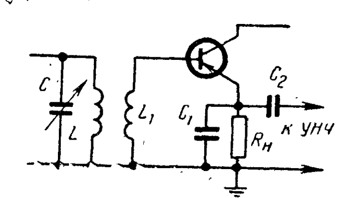


Рис. 5. Транзисторный детектор с резистором в цепи эмиттера.

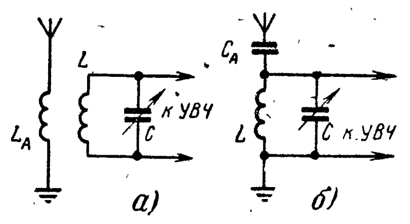


Рис. 6. Схемы связи входного контура с антенной.

а — индуктивная; *б* — емкостная.

использовании таких ламп желательно присоединять резистор $R_с$ к плюсу батареи накала, чтобы дать некоторый положительный потенциал на сетку и сместить рабочую точку на изгиб характеристики сеточного тока.

Сеточный детектор очень чувствителен к слабым сигналам. Но при сильных сигналах на резисторе $R_с$ получается большое отрицательное напряжение смещения, которое сдвигает рабочую точку к нижнему изгибу характеристики анодного тока, и тогда усиление происходит со значительными нелинейными искажениями.

Детекторы на транзисторах. Наиболее часто применяют схему транзисторного детектора, в которой нагрузочный резистор $R_н$ включен в цепь коллектора (рис. 4, *а*). Для установления рабочей точки, обеспечивающей наилучший эффект детектирования, иногда подают на базу прямое напряжение смещения с помощью делителя R_1R_2 (рис. 4, *б*).

Особенность транзисторных детекторов заключается в том, что они должны иметь индуктивную или автотрансформаторную связь с колебательным контуром LC. При этом число витков катушки L_1, к которой подключен транзистор, должно быть в несколько раз меньше, чем у катушки L. Если детектор присоединить к концам катушки L, то чувствительность и избирательность приемника резко ухудшаются. Резистор $R_н$ обычно имеет сопротивление порядка единиц килоом. Напряжение низкой частоты, полученное в результате детектирования, через конденсатор большой емкости C_2 передается на усилитель низкой частоты.

На рис. 5 показана схема транзисторного детектора с резистором в цепи эмиттера. Этот детектор в отличие от предыдущего может работать без искажений от перегрузки при более сильных сигналах, но зато не дает усиления, позволяет включать детектор ко всей катушке контура. Во всех приведенных схемах конденсатор C_1 служит для пропускания высокочастотной составляющей тока.

Входная часть приемника. Колебания из антенны подаются на первый каскад УВЧ через входной контур, который связывается с антенной индук-

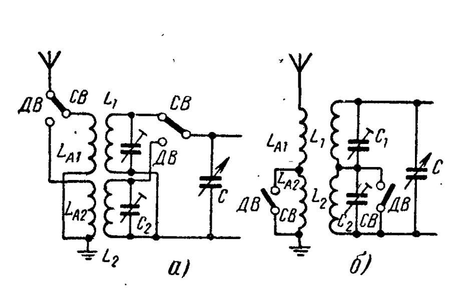


Рис. 7. Переключение диапазонов во входной части приемника.

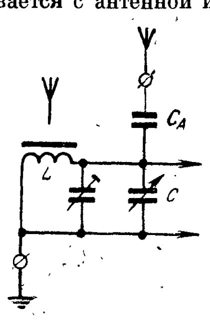


Рис. 8. Включение магнитной антенны в ламповый приемник.

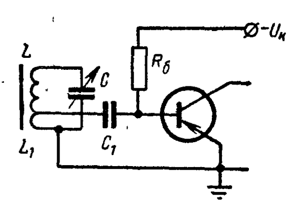


Рис. 9. Подключение магнитной антенны к транзисторному приемнику.

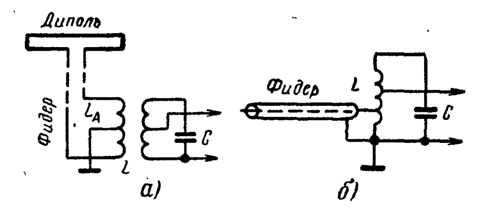


Рис. 10. Схемы входов приемников УКВ.

тивно или через небольшую емкость (рис. 6, *а* и *б*). Непосредственное соединение входного контура с наружной антенной не применяют потому, что тогда емкость антенны, не являющаяся постоянной, войдет в состав контура и изменит его частоту.

При индуктивной связи с антенной (рис. 6, *а*) усиление, даваемое входной частью приемника, уменьшается при повышении частоты сигнала. Но если катушка L_A имеет значительную индуктивность, обеспечивающую собственную частоту антенной цепи ниже самой низшей частоты диапазона приемника, то усиление мало меняется при настройке приемника на разные частоты. Емкостная связь по рис. 6, *б* при повышении частоты сигнала дает резкое увеличение усиления. Наибольшее постоянство усиления по диапазону достигается в схеме индуктивно-емкостной связи. Поскольку приемник, как правило, имеет несколько диапазонов, например длинных, средних и коротких волн (ДВ, СВ и КВ), то для каждого диапазона обычно применяются отдельные катушки и конденсаторы для связи с антенной, включаемые с помощью переключателя диапазонов. В качестве примера на рис. 7, *а* показано переключение отдельных катушек для диапазонов *ДВ* и *СВ*. В схеме рис. 7, *б* для перехода на диапазон *СВ* замыкают накоротко катушки L_{A_2} и L_2, работающие вместе с катушками L_{A_1} и L_1 на диапазоне *ДВ*. В последующих схемах для упрощения показаны колебательные контуры только для одного диапазона.

В ламповых и транзисторных приемниках для длинных, средних и коротких волн часто применяют магнитную (ферритовую) антенну. Обмотка такой антенны обычно состоит из переключаемых секций с разным числом витков для различных диапазонов, причем каждая секция имеет свой подстроечный конденсатор. На рис. 8 показана схема включения магнитной антенны в ламповом приемнике. При приеме на внешнюю антенну магнитная антенна играет роль индуктивности контура. Могут быть и другие варианты схем входной части приемника с магнитной антенной.

Транзистор можно связать с магнитной антенной автотрансформаторно (рис. 9) или индуктивно (см. рис. 1 на стр. 217). Катушка, к которой подключен транзистор, имеет в несколько раз меньше витков, чем катушка *L*.

Так как магнитная антенна обладает направленным действием, то либо делают ее с поворотным устройством, либо приходится поворачивать весь приемник до получения наиболее громкой слышимости.

Типичные схемы входной части приемников УКВ показаны

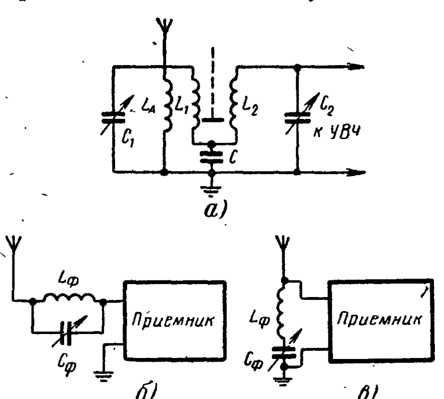


Рис. 11. Полосовой фильтр (*а*) и фильтры против помех (*б* и *в*) на входе приемника.

на рис. 10. Если прием ведется на симметричный вибратор, например петлевой, связанный с приемником симметричным фидером (часто такой диполь монтируется внутри самого приемника), то устраивается симметричная индуктивная связь с входным контуром (рис. 10, *а*). Вывод от средней точки катушки связи L_A заземляется. Если от антенны идет несимметричный (коаксиальный) фидер, то его подключают к небольшой части витков катушки L (рис. 10, *б*).

Для улучшения избирательности и уменьшения помех на входе приемника применяют *фильтры* (на ДВ и СВ). Например, входная часть может быть сделана в виде *полосового* фильтра из двух резонансных контуров, имеющих сильную связь. На рис. 11, *а* показан такой фильтр с емкостной связью. Уменьшить помехи от близкой мощной станции можно, применяя фильтр в виде контура, настроенного на частоту этой станции. Рисунок 11, *б* изображает заградительный фильтр *(фильтр-пробку)*. Контур $C_ф L_ф$ настроен на частоту сигналов мешающей станции и представляет только для них большое сопротивление. На рис. 11, *в* контур $L_ф C_ф$ также настроен на частоту мешающих сигналов и представляет для них малое сопротивление. Поэтому только ток этих сигналов проходит через фильтр мимо приемника.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ [1]

Радиолюбители обычно начинают свою конструкторскую деятельность с изготовления простых транзисторных приемников прямого усиления. На такие приемники с магнитной антенной можно принимать передачи близкорасположенных мощных радиовещательных станций, создающих в месте приема электромагнитное поле напряженностью порядка 10—30 *мв/м*.

В этих условиях э. д. с. ВЧ сигнала в контуре магнитной антенны имеет величину не более 3—10 *мв*. Вместе с тем детектор будет нормально работать, если на него поступает напряжение ВЧ сигнала не менее 20—30 *мв*. В связи с этим между магнитной антенной и детектором в приемнике должен быть усилитель высокой частоты. Одна из наиболее распространенных схем такого усилителя, применяемого в радиолюбительских конструкциях, приведена на рис. 1.

Резонансное сопротивление контура магнитной антенны имеет величину порядка сотен килоом, тогда как входное сопротивление транзисторного усилителя ВЧ примерно в тысячу раз меньше. Поэтому если вход УВЧ подключить к концам катушки контура магнитной антенны, то его избирательность сделается очень низкой, а напряжение сигнала будет очень малым. Чтобы сохранить избирательность контура магнитной антенны, на вход усилителя нужно подать только часть напряжения контура. Это можно осуществить, включая в цепь базы транзистора каскада УВЧ катушку L_2, расположенную на ферритовом стержне рядом с контурной катушкой L_1.

Катушка L_2 должна иметь примерно в 30 раз меньше витков, чем катушка L_1. Если это отношение будет значительно меньше, то заметно ухудшатся приемные свойства контура. При значительно большем отношении витков улучшится избирательность приемника, но ухудшится его чувствительность, так как чем меньше витков содержит катушка связи L_2, тем меньше напряжение сигнала на входе усилителя.

Если число витков катушки L_2 выбрано правильно, то при напряженности поля 10—30 *мв/м* напряжение сигнала на входе усилителя ВЧ будет 100—300 *мкв*. Чтобы получить на входе детектора напряжение ВЧ не менее 20—30 *мв*, усилитель ВЧ должен обладать коэффициентом усиления по напряжению не менее 100—300. На практике необходимо иметь некоторый запас усиления, чтобы можно было компенсировать возможные изменения условий приема. Для любительских конструкций вполне достаточно иметь тройной запас. Это значит, что коэффициент усиления по ВЧ должен быть

[1] Автор В. А. Васильев.

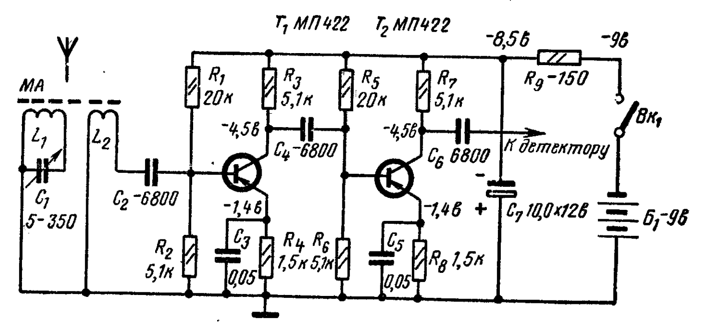


Рис. 1.

300—900. Получить такое усиление можно с помощью двухкаскадного усилителя ВЧ.

В усилителе по схеме на рис. 1 первый каскад содержит транзистор T_1, резистор коллекторной нагрузки R_3, переходный конденсатор C_4, резисторы R_1, R_2 и R_4, осуществляющие стабилизацию рабочего режима транзистора T_1, и конденсатор C_3. Усиленный первым каскадом сигнал поступает для дальнейшего усиления на вход второго каскада, элементы которого идентичны элементам первого каскада. В связи с этим ограничимся описанием работы только первого каскада.

Усиление каскада зависит от типа примененного транзистора и режима его работы. Транзистор даст значительное усиление, если его граничная частота передачи тока по крайней мере в 20 раз больше максимальной частоты усиливаемого сигнала ВЧ. Этому требованию удовлетворяют транзисторы П401—П403, П422, П423, ГТ309А — ГТ309В.

Для реализации усилительных возможностей транзистора необходимо, чтобы напряжение между коллектором и эмиттером было 2—9 *в* и постоянный ток коллектора 0,5—2,0 *ма*. При верхних пределах этих величин получается наибольшее усиление. Вместе с тем в целях экономии энергии источника питания целесообразно работать при малых токах и напряжениях. В нашем УВЧ выбран некоторый средний режим: напряжение коллектора 2,7—3,0 *в*, ток коллектора 0,8—0,9 *ма*. Режим транзистора устанавливается с помощью постоянных резисторов R_1 — R_4.

Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель напряжения. Постоянное напряжение их общей точки относительно положительного полюса батареи составляет примерно $^1/_5$ часть ее напряжения. Между эмиттером и плюсом батареи включен резистор R_4, сопротивление которого примерно в 3 раза меньше сопротивления резистора R_2. Ток эмиттера, проходя по резистору R_3, создает на нем падение напряжения, которое должно быть примерно на 0,1—0,2 *в* меньше падения напряжения на резисторе R_2.

Напряжение на резисторе R_2 составляет около 1,5 *в*. Следовательно, напряжение на эмиттере должно быть около 1,3—1,4 *в*. Сопротивление резистора R_4 равно 1,5 *ком*, и поэтому ток эмиттера (по закону Ома) равен 0,86—0,93 *ма*.

Ток коллектора транзистора T_1 создает на резисторе R_3 падение напряжения (0,8—0,9 *ма*)×5,1 *ком* = 4,1—4,6 *в*. Следовательно, общее падение напряжения на резисторах R_3 и R_4 составит около 5,5—6,0 *в*, а между эмиттером и коллектором останется примерно 3 *в*. Этот режим практически не изменяется при изменении температуры и параметров транзисторов.

Если по каким-либо причинам произойдет уменьшение тока эмиттера, то изменится падение напряжения на резисторе R_4, а это вызовет изменение напряжения между базой и эмиттером транзистора. Вследствие этого ток в цепи базы увеличится. Увеличится и ток в цепи эмиттера; следовательно, изменения токов направлены так, что восстанавливают нарушенный режим.

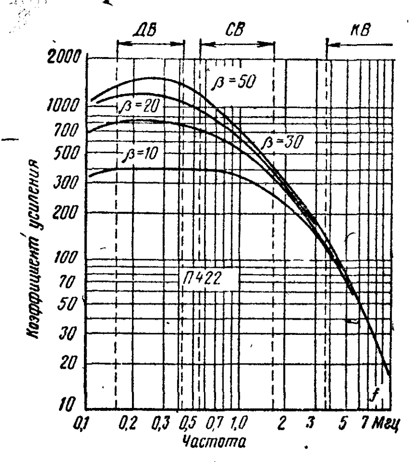


Рис. 2.

Проверка режимов работы производится путем измерения постоянных напряжений на электродах транзисторов. Измеренные значения могут отличаться от указанных на принципиальной схеме до 10—15%. Значительно бо́льшие отклонения говорят о неисправности транзистора или резисторов в данном каскаде.

Напряжение сигнала поступает на вход усилителя через конденсатор C_2, предупреждающий замыкание средней точки делителя R_1R_2 по постоянному току на плюс батареи через катушку L_2. Для того чтобы возможно большая часть напряжения с катушки связи поступала в цепь базы транзистора T_1, емкостное сопротивление конденсатора C_2 на самой низкой частоте усиливаемого сигнала ВЧ должно быть значительно меньше входного сопротивления каскада.

При минимальной частоте принимаемого сигнала 150 *кгц* (длина волны 2 000 *м*) конденсатор C_2 может иметь емкость 3 300—6 800 *пф*. Резистор, включенный в цепь эмиттера, необходимо шунтировать конденсатором C_3. Возможно применение конденсатора C_3 емкостью 0,025 или 0,033 *мкф*.

Коэффициент усиления каскада по напряжению зависит от значения коэффициента передачи тока транзистора и частоты усиливаемого сигнала. В среднем коэффициент усиления по напряжению первого каскада на частотах не выше 250—300 *кгц* (для волн длиннее 800 *м*) равен 10—40. На более высоких частотах наблюдается заметное уменьшение коэффициента передачи тока и как следствие снижение усиления. Нагрузкой первого каскада по переменному току является входное сопротивление второго каскада, а нагрузкой второго — входное сопротивление детектора, которое с учетом шунтирующего действия резистора R_7 составляет около 2 *ком*. Коэффициент усиления по напряжению второго каскада мало зависит от коэффициента передачи тока примененного в нем транзистора и равен примерно 50. Таким образом, общее максимальное усиление по напряжению, равное произведению коэффициентов усиления каскадов, может составлять 500—1500. На рис. 2 приведены результаты измерений коэффициента усиления двух каскадов при различных коэффициентах передачи тока β транзисторов типа П422. На этом рисунке видно, что в диапазоне ДВ усиление практически не зависит от частоты сигнала, а в диапазоне СВ — уменьшается с увеличением частоты.

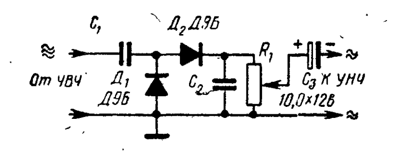
Конденсаторы C_2, C_4 и C_6 типа КДС и КЛС. Возможно увеличение их емкости до 33 000 *пф*. Конденсаторы C_3 и C_5 типа МБМ или КЛС.

Все постоянные резисторы типа ВС-0,125. Их сопротивления могут отличаться от указанных номинальных на ±10%.

ДЕТЕКТОР С УДВОЕНИЕМ НАПРЯЖЕНИЯ [1]

В простых транзисторных приемниках радиолюбители часто применяют детектор с удвоением напряжения (см. схему). Так он называется потому, что на его выходе получается примерно вдвое большее напряжение сигнала НЧ по сравнению с рассмотренными выше (см. стр. 212) детекторами с одним диодом (при том же значении напряжения сигнала, поступающего с усилителя высокой частоты).

[1] Автор В. А. Васильев.



Почему же такой детектор дает повышенное напряжение НЧ?

Полярность напряжения на входе детектора изменяется с высокой частотой. Во время того полупериода переменного напряжения высокой частоты, когда входной провод схемы, соединенный с конденсатором C_1, имеет отрицательный потенциал по отношению к «земле», диод $Д_1$ пропускает ток, заряжающий конденсатор C_1 до напряжения, примерно равного амплитуде входного сигнала. Диод $Д_2$ во время этого полупериода ток не пропускает.

Во время следующего полупериода, т. е. когда входной провод схемы имеет положительный потенциал по отношению к «земле», пропускает ток диод $Д_2$, а диод $Д_1$ в это время «заперт». При этом на диод $Д_2$ поступает напряжение, равное сумме подводимого напряжения ВЧ и напряжения, накопленного ранее на конденсаторе C_1, т. е. примерно вдвое большей величины по сравнению с напряжением на входе детектора. В результате этого амплитуда тока через диод $Д_2$ примерно вдвое больше, чем через диод $Д_1$, и на потенциометре R_1 получается почти вдвое большее напряжение сигнала НЧ.

При приеме амплитудно-модулированного сигнала проходящий через диод $Д_2$ ток имеет три составляющие: высокочастотная составляющая проходит через конденсатор C_2, а низкочастотная и постоянная составляющие — через резистор R_1.

Для нормальной работы детектора необходимо соблюдение следующих условий: 1) величина сопротивления нагрузки детектора по постоянному току должна быть такого же порядка, как входное сопротивление первого каскада УНЧ, величина которого обычно равна от одного до нескольких килоом. По этой причине потенциометр R_1 должен иметь сопротивление 4,7—6,8 *ком*; 2) внутреннее сопротивление диодов в прямом направлении должно быть много меньше сопротивления потенциометра R_1; этому условию удовлетворяют германиевые точечные диоды Д2 и Д9; 3) емкостное сопротивление конденсатора C_2 на минимальной частоте принимаемого сигнала должно быть меньше сопротивления резистора R_1 по крайней мере в 10—20 раз, но в то же время на максимальной частоте полосы пропускания усилителя НЧ — не менее сопротивления этого резистора.

Исходя из этих требований при минимальной частоте принимаемого сигнала 150 *кгц* и максимальной частоте полосы пропускания усилителя НЧ 3—4 *кгц* конденсатор C_2 должен иметь емкость 4 700—10 000 *пф*.

Потенциометром R_1 можно регулировать величину напряжения сигнала, подаваемого на вход усилителя НЧ, и тем самым изменять громкость звуковоспроизведения передачи.

Электрические колебания НЧ снимаются с этого потенциометра и через переходный конденсатор C_3 поступают на вход усилителя НЧ.

ЛАМПОВЫЕ УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ [1]

Один каскад усиления низкой частоты, состоящий из лампы и связанных с нею элементов схемы, применяют в простых приемниках и телевизорах. Большинство усилителей низкой частоты многокаскадные.

Первый каскад, на который поступает сигнал, подлежащий усилению, называют *входным*. Последний каскад усилителя, работающий на нагрузку (например, громкоговоритель), называют *выходным*. Остальные каскады носят название промежуточных. Входной и промежуточные каскады образуют *предварительный усилитель*.

Некоторые усилители предназначаются только для усиления подводимого к ним напряжения, причем отдаваемая при этом усилителем мощность

[1] По разным источникам.

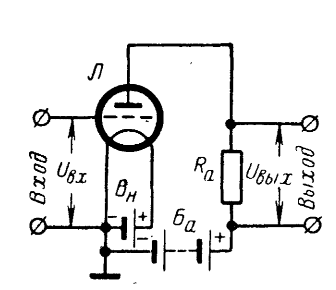


Рис. 1. Схема усилительного каскада.

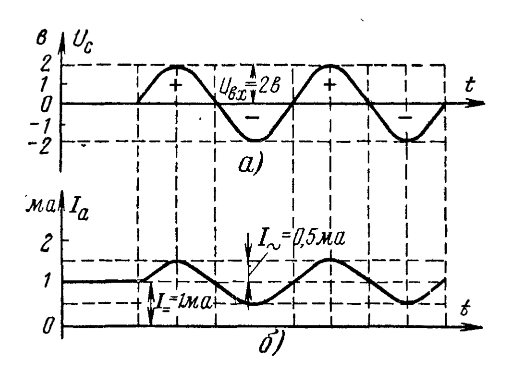


Рис. 2. Изменения напряжения на сетке U_c (*а*) и анодного тока $I_а$(*б*) в усилительном каскаде.

не играет существенной роли. Такие усилители называются *усилителями напряжения.*

Другие усилители предназначены для получения определенной мощности. К ним относятся оконечные усилители радиотрансляционных узлов, оконечные студийные усилители и оконечные усилители установок для усиления речей ораторов. Они не могут работать непосредственно от источников электрических колебаний звуковой частоты и требуют подачи на вход напряжения от предварительного усилителя.

Схема усилительного каскада. Простейшая схема усилителя с одной лампой при батарейном питании показана на рис. 1. Основными ее частями являются: лампа *Л*, источники питания $Б_н$ и $Б_а$ и резистор $R_а$, включенный последовательно в анодную цепь.

Все эти части образуют *каскад усиления.*

Источник переменного напряжения $U_{вх}$, которое нужно усилить, соединяется со входом усилителя (к управляющей сетке и катоду лампы). Переменное напряжение, поступающее на управляющую сетку, вызывает пульсации анодного тока; во время положительного полупериода напряжения на управляющей сетке анодный ток лампы увеличивается, а во время отрицательного полупериода — уменьшается, как показано на рис. 2. Пульсирующий анодный ток содержит постоянную и переменную составляющие. Проходя через резистор $R_а$, анодный ток создает на нем пульсирующее падение напряжения, которое также имеет постоянную и переменную составляющие. Если резистор $R_а$ имеет достаточно большое сопротивление, то получающееся на нем переменное напряжение $U_{вых}$ будет значительно больше переменного напряжения $U_{вх}$, поданного на управляющую сетку, т. е. получится усиление. Зажимы резистора $R_а$ называются *выходом усилительного каскада* [1].

Коэффициент усиления каскада. Важной величиной, характеризующей работу усилительного каскада, является его коэффициент усиления, обозначаемый буквой *К*. Этот коэффициент показывает, во сколько раз каскад усиливает переменное напряжение, подводимое к сетке лампы.

Для определения величины коэффициента усиления каскада нужно разделить выходное напряжение $U_{вых}$ на входное напряжение $U_{вх}$. Таким образом, можно написать:

$$K = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}.$$

Если, например, от детектора в цепь сетки лампы усилителя поступает переменное напряжение низкой частоты с амплитудой 0,1, *в*, а в цепи сетки

[1] Для получения усиления без нелинейных искажений на сетку лампы необходимо подать отрицательное смещение.

второй лампы усилителя нужно получить переменное напряжение с амплитудой 7 *в*, то коэффициент усиления первого каскада должен быть

$$\frac{7}{0{,}1} = 70.$$

Чем больше сопротивление резистора R_a, тем большее напряжение $U_{вых}$ выделяется на нем и, следовательно, тем больше коэффициент усиления каскада.

Коэффициент усиления всего усилителя K зависит от коэффициентов усиления его отдельных каскадов. Если обозначить их через K_1, K_2, K_3 и т. д., то

$$K = K_1 K_2 K_3.$$

Например, если усилитель имеет три каскада с коэффициентами усиления $K_1 = 20$; $K_2 = 20$ и $K_3 = 5$, то общий коэффициент усиления всего усилителя будет $K = 20 \cdot 20 \cdot 5 = 2\,000$.

Это значит, что если на вход этого усилителя подать напряжение $U_{вх} = 10$ *мв* $= 0{,}01$ *в*, то на выходе получится напряжение $U_{вых} = 2\,000 \cdot 0{,}01 = 20$ *в*.

Выходная мощность. Второй величиной, характеризующей усилитель, является выходная мощность $P_{вых}$. Эта мощность переменного тока низкой частоты, которую усилитель создает в выходной нагрузке, т. е. в громкоговорителях, включенных на его выходе. Выходная мощность усилителей низкой частоты радиовещательных приемников с батарейным питанием составляет доли вольт-ампера, а при питании от электросетей достигает нескольких вольт-ампер [1].

Каждый усилитель может развивать мощность больше номинальной, но такой случай называют *перегрузкой*. При работе с перегрузкой увеличиваются нелинейные искажения и, кроме того, повышенные напряжения в цепях последнего каскада усилителя могут привести к пробою изоляции в трансформаторах, выходу из строя ламп.

Усилитель низкой частоты с емкостной междукаскадной связью. Это наиболее распространенная схема усиления колебаний низкой частоты (рис. 3). Переменное напряжение здесь подается на управляющую сетку первой лампы $Л_1$. Это напряжение обозначено $U_{вх}$. Анодный ток первой лампы становится пульсирующим; его постоянная составляющая проходит через анодную батарею $Б_а$, а переменная составляющая — через блокировочный конденсатор $C_б$, шунтирующий эту батарею.

На резисторе R_a под действием переменной составляющей анодного тока получается усиленное переменное напряжение. Это напряжение для дальнейшего усиления подается на управляющую сетку следующей лампы $Л_2$.

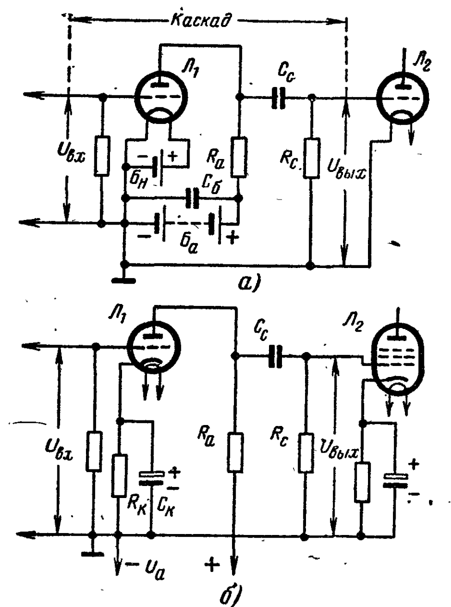
Нельзя подать переменное напряжение с резистора R_a непосредственно в цепь сетки следующей лампы, так как тогда на сетку лампы $Л_2$ попадет положительный полюс высокого напряжения, что совершенно недопустимо. Поэтому переменное напряжение всегда подается на следующий каскад усилителя через конденсатор C_c, называемый *переходным конденсатором*. Он изолирует сетку лампы $Л_2$ от высокого постоянного напряжения анодной батареи, но свободно пропускает переменное напряжение.

В цепь сетки лампы $Л_2$ включают резистор R_c. Без него лампа не может нормально работать. Для оседающих на сетке электронов надо создать путь к катоду лампы. В противном случае через небольшой промежуток времени отрицательный заряд на сетке лампы возрастет настолько, что лампа «запрется», т. е. перестанет работать. Резистор R_c и служит тем путем, по которому электроны стекают к катоду лампы [2].

---

[1] Усилители низкой частоты характеризуют так называемой номинальной выходной мощностью — мощностью, которую отдает усилитель при коэффициенте гармоник, не превышающем допустимого (см. стр. 64). Номинальную мощность усилитель отдает только при наиболее громкой передаче. В остальное время выходная мощность меньше номинальной.

[2] В каскаде с подогревной лампой обычно на ее управляющую сетку подают автоматическое отрицательное смещение с помощью резистора, включенного между катодом лампы и минусом источника анодного питания.



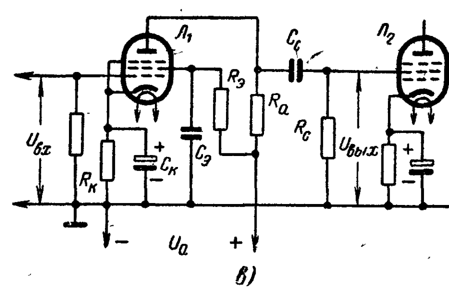


Рис. 3. Каскады усиления низкой частоты с емкостной связью.

а — на триоде прямого накала; *б* — на подогревном триоде; *в* — на подогревном пентоде; $R_к$ — резистор автоматического смещения на управляющую сетку; $C_к$ — конденсатор, шунтирующий резистор $R_к$; $C_э$ — конденсатор блокировочный экранирующей сетки. В схеме *в* конденсатор $C_с$ должен быть соединен с первой сеткой лампы $Л_2$.

Таким образом, переменное напряжение с анодного (верхнего на рис. 3) конца резистора $R_а$ подается на сетку лампы $Л_2$ через конденсатор $C_с$, а с другого (нижнего) конца этого резистора — к катоду этой лампы через блокировочный конденсатор $C_б$. Это переменное напряжение, подводимое к управляющей сетке второй лампы, является выходным напряжением первого каскада.

Детали $C_с$ и $R_с$ при рассмотрении работы усилительного каскада принято считать входящими в состав этого каскада (дополнительно к $R_а$).

Частотная характеристика усилителя. Усилитель обычно бывает рассчитан на усиление колебаний в определенном диапазоне (полосе) частот.

Усилители разговорной речи имеют сравнительно узкую полосу воспроизводимых частот, примерно 300—3 000 *гц*, а усилители, предназначенные для художественных передач, должны усиливать возможно более широкий диапазон частот [1]. Чем шире полоса частот, пропускаемых усилителем, тем натуральнее будет звучать воспроизводимая передача.

Если подводить к усилителю напряжения определенной амплитуды, но разной частоты и измерять напряжения, которые дает усилитель на выходе, то можно определить коэффициенты усиления, даваемые усилителем при той или другой частоте усиливаемых колебаний. Результаты этих измерений можно изобразить графически, откладывая по горизонтальной оси частоты усиливаемых колебаний, а по вертикальной — усиление на этих частотах. В результате получим так называемую *частотную характеристику усилителя*, по которой можно судить о равномерности усиления в диапазоне частот. Пример частотной характеристики усилителя низкой частоты приведен на рис. 4.

Усилитель должен по возможности одинаково усиливать колебания всех частот, лежащих в заданной полосе: частотная характеристика хорошего усилителя должна иметь вид прямой или почти прямой горизонтальной линии. Нелинейность частотной характеристики свидетельствует о том, что колебания разных частот усиливаются неравномерно, т. е. что усилитель

---

[1] См. статью «Семь качеств приемника» на стр. 202.

искажает передачу. Искажения, получающиеся из-за неравномерности усиления на разных частотах, носят название *частотных искажений* (см. стр. 64).

Нельзя построить усилитель, который обладал бы абсолютно прямолинейной частотной характеристикой. Влияние емкостей между отдельными элементами схемы сказывается тем сильнее, чем больше частота усиливаемых колебаний. Если считать, что величина этих паразитных емкостей составляет несколько десятков пикофарад, то эти емкости будут представлять для средних частот звукового диапазона сопротивления порядка нескольких миллионов ом и, следовательно, они не будут сколько-нибудь заметно понижать коэффициент усиления. Однако для наиболее высоких частот звукового диапазона сопротивление этих паразитных емкостей понижается до сотен тысяч ом и, следовательно, может оказаться одного порядка с сопротивлением резисторов, применяемых в анодных цепях усилителя. Поэтому каскады усилителя низкой частоты по схемам на рис. 3 в области высоких частот имеют спадающую частотную характеристику (*«завал» на верхних частотах*).

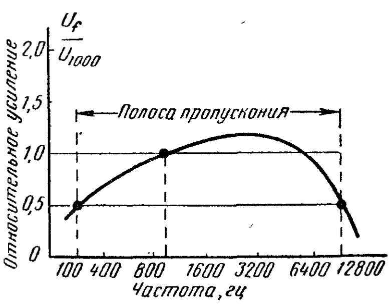


Рис. 4. Пример частотной характеристики усилителя низкой частоты.

Uf/U_{1000} — отношение напряжения на данной частоте f к напряжению на частоте 1 000 *гц*. Границы полосы пропускания определяются частотами, на которых коэффициент усиления вдвое меньше, чем на частоте 1 000 *гц*.

С другой стороны, при усилении самых низких частот звукового диапазона начинает заметно сказываться влияние сопротивления переходной емкости C_c, которое становится сравнительно большим для таких низких частот. Поэтому на очень низких частотах каскад дает тоже малое усиление («завал» на низких частотах).

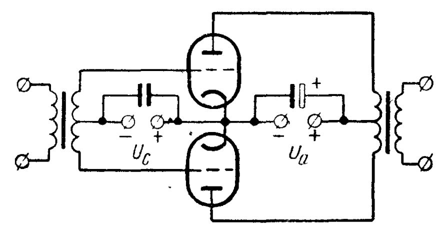
Итак, наиболее высокие и низкие частоты звукового диапазона будут усиливаться хуже, в средней же части звукового диапазона колебания всех частот будут усиливаться примерно одинаково.

Устранение частотных искажений, которые возникают вследствие неравномерного усиления колебаний различных частот, достигается в усилителе низкой частоты правильным выбором электрических величин деталей схемы и рациональным ее выполнением. Во всех же других схемах усилителей низкой частоты достигнуть совершенно равномерного усиления всех частот чрезвычайно трудно. Поэтому по сравнению со всеми другими видами усилителей каскады низкой частоты по схемам на рис. 3 по праву могут считаться «неискажающими». В этом заключается основное достоинство каскадов по этой схеме. Коэффициент усиления усилителя низкой частоты с емкостными связями всегда меньше произведения коэффициентов усиления μ примененных в нем ламп.

ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ ЛАМПОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ [1]

Каскад предварительного усиления всегда работает на следующий каскад. Создаваемые ими напряжения подаются на сетку следующей лампы для управления ее анодным током. Для этого нужны достаточно большие напряжения, но не требуется сколько-нибудь значительной мощности. Поэтому задача каскадов предварительного усиления заключается в том, чтобы на выходе усилителя получить возможно большее напряжение. Для этого в анодных цепях применяют резисторы, сопротивления которых по

[1] По разным источникам.



Двухтактная схема выходного каскада.

крайней мере в несколько раз превосходят внутренние сопротивления триодов [1].

Однако не всегда задача каскада сводится к тому, чтобы получить на выходе максимальное напряжение. В том случае, когда лампа является оконечной и в ее анодную цепь включен телефон или громкоговоритель, задача каскада оказывается несколько иной. Он должен отдать во внешнюю цепь (например, громкоговорителю) не наибольшее напряжение, а наибольшую мощность, так как громкость воспроизведения звука зависит от мощности, которая подводится к громкоговорителю. Поэтому оконечные (выходные) каскады называют усилителями мощности.

Наибольшая мощность, которая может быть получена при достаточно малых искажениях, так называемая неискаженная мощность, выделяется во внешней цепи, когда сопротивление внешней нагрузки переменному току есть величина такого же порядка, как внутреннее сопротивление лампы [2].

На громкоговорителе, имеющем мало витков в звуковой катушке, включенном непосредственно в анодную цепь лампы, будет выделяться незначительная мощность и громкоговоритель будет работать плохо. Такой громкоговоритель следует включать в анодную цепь оконечной лампы через выходной трансформатор, имеющий большое число витков в первичной обмотке и малое — во вторичной. Такой трансформатор является для оконечной лампы подходящей нагрузкой, так как со стороны первичной обмотки его сопротивление достаточно велико, а вторичная обмотка с малым числом витков обладает малым внутренним сопротивлением, что как раз выгодно для работы на низкоомный громкоговоритель.

Так как оконечная лампа должна отдавать значительную мощность, она должна допускать высокие анодные напряжения и давать значительные анодные токи. Мощность, которая должна быть подведена от источника анодного напряжения к оконечной лампе, больше мощности, которую нужно получить от лампы.

В данных оконечных ламп указывается неискаженная мощность, которую лампа может отдать. Эта мощность должна быть не меньше той, которая необходима для нормальной работы громкоговорителя.

В выходных каскадах, работающих на динамический громкоговоритель, применяют выходные пентоды (6П14П, 6П18П) или близкие им по свойствам выходные тетроды (6П1П, 6П3С). Эти лампы позволяют получить бо́льшие выходные мощности и к. п. д., чем триоды с такой же мощностью, расходуемой на накал. Однако и современные оконечные лампы имеют все же низкий к. п. д.

Усилитель, работающий в режиме *А*, при правильном подборе нагрузки дает малые искажения, но при этом с лампы можно снять относительно небольшую мощность. Коэффициент полезного действия такого каскада очень мал: от 65 до 75% мощности, потребляемой от анодного источника, расходуются на нагрев лампы и только 25—35% обращаются в полезную мощность переменного тока звуковой частоты. Это значит, что если мы правильно нагрузили хорошую выходную лампу и хотим снять с нее мощность 1 *ва*, то к ее анодной цепи надо подвести мощность до 3 *ва* от источника анодного питания. Потребление приемником нескольких лишних ватт, на первый

[1] Резисторы в анодных цепях каскадов на пентодах, как правило, имеют сопротивления меньше, чем внутренние сопротивления этих ламп.

[2] Имеются в виду усилители мощности с триодами, которые в настоящее время в радиовещательных приемниках, телевизорах, магнитофонах и в другой аппаратуре заводского и радиолюбительского изготовления не применяются. При использовании в усилителях мощности пентодов или лучевых тетродов наибольшая неискаженная мощность получается от них при сопротивлении нагрузки, значительно меньшей внутреннего сопротивления лампы.

взгляд, не может привести к большим потерям мощности. Однако в нашей стране работают миллионы приемников, и даже самая маленькая экономия в одном приемнике приводит в итоге к экономии громадной энергии.

Для улучшения к. п. д. выходных каскадов применяют двухтактные схемы, работающие в режиме *AB* (см. стр. 130—133).

Выходной трансформатор двухтактного каскада может быть меньше, чем однотактного, так как в трансформаторе двухтактного каскада не происходит постоянного намагничивания сердечника. Обе половины первичной обмотки состоят из равного числа витков, и по ним в разные стороны проходят одинаковые токи. Каждая половина намагничивает сердечник по-своему, но так как ампер-витки у них равны, то сердечник не приобретает намагниченности постоянным полем.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ [1]

В малогабаритных транзисторных приемниках применяются несложные усилители низкой частоты. На рисунке приведена принципиальная схема такого усилителя с выходной мощностью 100 *мва*. Питается усилитель от двух соединенных последовательно батареек типа КБС-Л-0,50 (для карманных фонарей) или от малогабаритной батареи типа «Крона ВЦ».

Первый каскад на транзисторе T_1 осуществляет предварительное усиление сигнала. Режим питания этого транзистора стабилизирован таким же способом, как и в описанном выше усилителе высокой частоты, — с помощью резисторов в цепи базы транзистора и в цепи эмиттера (см. стр. 217). Разница заключается только в том, что в цепь эмиттера включен не один, а два резистора R_4 и R_5. О том, какое значение имеет дополнительный резистор R_5, мы скажем ниже.

В цепь коллектора транзистора T_1 первого каскада включена первичная обмотка трансформатора Tp_1, который называется согласующим. Сопротивление упомянутой обмотки постоянному току невелико, около 300 *ом*. Вместе с тем для низкочастотной составляющей коллекторного тока трансформатор имеет сопротивление величиной порядка килоом. Вследствие этого на первичной обмотке трансформатора Tp_1 получаем напряжение сигнала примерно в 100—150 раз большее, чем в цепи базы транзистора T_1.

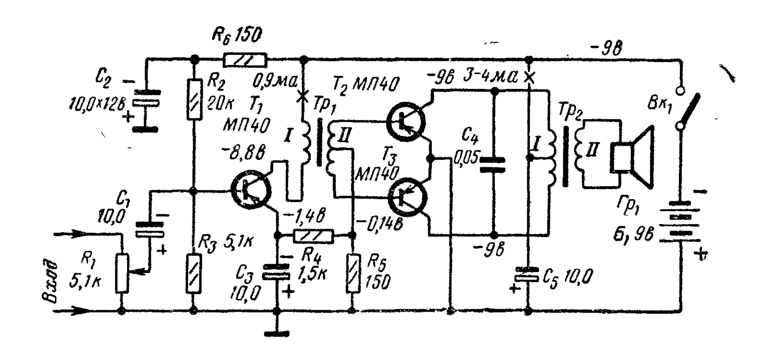
Напряжение НЧ сигнала со вторичной обмотки трансформатора Tp_1 поступает на базы транзисторов T_2 и T_3, работающих в двухтактном выходном каскаде усилителя. Входное сопротивление транзисторов выходного каскада имеет величину в несколько сотен ом, и при этом для нормальной работы выходного каскада нужно иметь напряжение в цепи баз транзисторов T_2 и T_3 порядка десятых долей вольта. В связи с этим трансформатор Tp_1 должен быть понижающим: напряжение на его вторичной обмотке должно быть примерно в 3 раза меньше, чем на первичной обмотке.

Средняя точка вторичной обмотки трансформатора Tp_1 соединена с общей точкой резисторов R_4 и R_5, по которым течет ток эмиттера транзистора T_1. Поэтому на этих резисторах имеет место падение напряжения. Часть этого напряжения, получаемая на резисторе R_5, используется в качестве напряжения смещения баз транзисторов выходного каскада. Так как сопротивление вторичной обмотки трансформатора постоянному току невелико, то напряжение смещения на базах транзисторов T_2 и T_3 в отсутствие сигнала практически равно падению напряжения на резисторе R_5.

Напряжение питания подводится к коллекторам транзисторов T_2 и T_3 через первичную обмотку выходного трансформатора Tp_2, средняя точка которой соединена с минусом батареи. К вторичной обмотке трансформатора присоединен динамический громкоговоритель.

В отсутствие сигнала коллекторные токи транзисторов T_2 и T_3 определяются начальным смещением и в среднем составляют по 1,5—2,0 *ма*. При

[1] Автор В. А. Васильев.



приеме сигнала на базы этих транзисторов с вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$ поступают равные по амплитуде, но противоположные по фазе напряжения. Когда напряжение сигнала на базе одного транзистора имеет отрицательную полярность и увеличивается, ток его коллектора также увеличивается. В это время сигнал уменьшает отрицательное напряжение на базе другого транзистора и ток его коллектора уменьшается. Поскольку электрический сигнал НЧ представляет чередование напряжений положительной и отрицательной полярности, то транзисторы $Т_2$ и $Т_3$ работают по очереди. Во вторичной обмотке выходного транзистора индуктируется переменная э. д. с.[1]

С целью устранения самовозбуждения усилителя за счет действия обратной связи между каскадами через внутреннее сопротивление источника питания батарея шунтирована электролитическим конденсатором $С_5$.

В усилителе могут быть применены транзисторы МП40, МП41 и МП42.

Электролитические конденсаторы типа ЭМ, К50-3 или К50-6 на номинальное напряжение 10—15 *в*. Емкость конденсатора $С_1$ может быть уменьшена до 2—3 *мкф*. Номинальное напряжение конденсаторов $С_1$ и $С_3$ может составлять 4—6 *в*. Емкость конденсатора $С_3$ можно увеличить до 25 *мкф*.

Трансформаторы НЧ — типовые от карманных приемников. Возможно самостоятельное изготовление трансформаторов из наборов деталей.

Громкоговоритель динамический типа 0,1ГД-6, 0,15ГД-1, 0,1ГД-3 или 0,1ГД-8.

САМОДЕЛЬНЫЙ ДВУХЛАМПОВЫЙ ПРИЕМНИК [2]

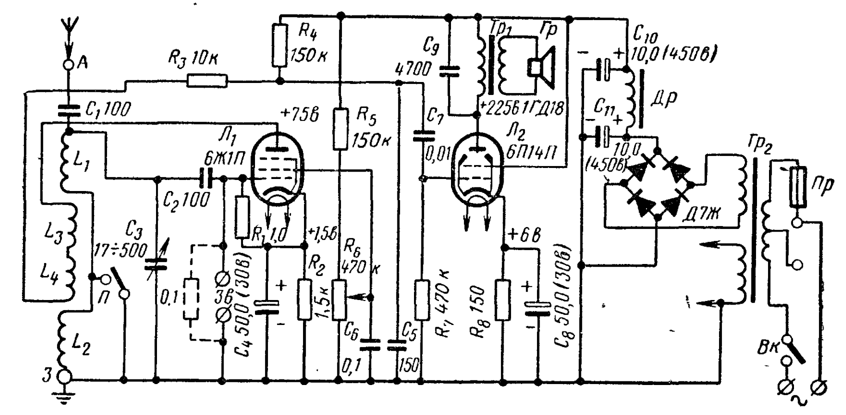
Приемник собран по схеме прямого усиления 0-V-1 (см. рисунок) и рассчитан на прием радиовещательных станций в диапазонах длинных (2 000—732 *м*) и средних (577—200 *м*) волн. Питание приемника осуществляется от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в*.

Первая лампа работает в сеточном детекторе с положительной обратной связью. Последняя регулируется переменным резистором R_6. Вторая лампа $Л_2$ служит оконечным усилителем мощности. В анодную цепь этой лампы через выходной трансформатор $Тр_1$ включен динамический громкоговоритель *Гр*. Выпрямитель собран по мостовой схеме на германиевых плоскостных диодах Д7Ж.

В приемнике имеются гнезда *Зв* для включения звукоснимателя. При использовании пьезоэлектрического звукоснимателя необходимо параллельно

[1] Транзисторы выходного каскада работают в режиме $АВ_2$. О работе электронных ламп в этом режиме рассказано на стр. 130. Подобным же образом можно описать и работу транзисторов в режиме $АВ_2$, заменяя анодные токи токами коллекторов, а напряжения и токи на сетках — напряжениями и токами на базах транзисторов. (*Прим. ред.*)

[2] Написано А. М. Нефедовым.



Принципиальная схема приемника.

гнездам *3в* подключить резистор сопротивлением 100 *ком*, показанный на схеме пунктиром.

Трансформатор питания $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 40 *мм*. Сетевая обмотка трансформатора намотана проводом ПЭЛ 0,31 и содержит 880 + 700 витков. Повышающая обмотка состоит из 1 700 витков провода ПЭЛ 0,2. Обмотка накала ламп имеет 50 витков провода ПЭЛ 0,41. Между сетевой и остальными обмотками намотан в один слой провод ПЭЛ 0,2, служащий экраном. Один из концов этого провода соединяется с заземленным общим проводом.

Дроссель фильтра *Др* намотан на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 20 *мм*; обмотка 3 200 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2.

Выходной трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из пластин Ш-18; толщина пакета 20 *мм*. Первичная обмотка содержит 3 500 витков провода ПЭЛ 0,14, а вторичная — 130 витков ПЭЛ 0,64.

Трансформатор питания и выходной трансформатор, а также дроссель фильтра можно применить заводского изготовления.

Катушки приемника L_1, L_2, L_3, L_4 наматывают на каркас, склеенный из органического стекла, текстолита или фанеры толщиной 1,5—3 *мм*. В каркасе сверлят отверстия диаметром 1—2 *мм* для закрепления концов провода. Катушка L_1 имеет 140 витков, L_2 — 345 витков, L_3 — 60 витков, L_4 — 160 витков. Все катушки намотаны в одном направлении проводом ПЭЛ 0,12—0,15; катушка L_1 намотана виток к витку, остальные — внавал в пазах каркаса.

Переключатель диапазонов *П*. Детали его изготавливают из листовой меди или латуни толщиной 1—1,5 *мм*.

Конденсатор переменной емкости C_3 применен с воздушным диэлектриком. При отсутствии одинарного конденсатора можно использовать секцию сдвоенного блока конденсаторов переменной емкости.

Приемник монтируют на шасси, изготовленном из дюралюминия или фанеры. Сердечники трансформаторов $Тр_1$, $Тр_2$, дросселя $Др_1$ и ось переменного резистора R_6 в случае применения деревянного шасси должны быть соединены с общим (заземленным) проводом. Данные всех деталей и режим ламп приведены на принципиальной схеме.

Закончив монтаж, следует тщательно проверить все соединения по принципиальной схеме, после чего можно включать приемник в электросеть.

Налаживание приемника сводится к подбору элементов цепи обратной связи и подгонке режима ламп. Резистор R_5 подбирают с таким сопротивлением, чтобы при регулировке обратной связи переменным резистором R_6 приемник не самовозбуждался (не свистел), но был близок к порогу возбу-

ждения. Этого нужно добиться на обоих диапазонах при всех положениях подвижных пластин конденсатора переменной емкости C_3.

Для нормальной работы приемника нужна наружная антенна длиной 10—15 *м*.

ПРОСТЕЙШИЙ ОДНОТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРИЕМНИК [1]

Описываемый приемник может быть первым приемником начинающего радиолюбителя. На него удается вести прием ближних мощных радиостанций на внутреннюю магнитную антенну. Приемник очень экономичен в питании. Запаса электроэнергии батареи из элементов типа 332 (ФБС-0,025) хватает более чем на 100 *ч*.

Принципиальная схема. Приемник имеет один настраивающийся контур L_1C_2 магнитной антенны (рис. 1). При слабых сигналах к этому контуру через гнезда *А* и *З* можно присоединить наружную антенну и заземление. Выделенный контуром высокочастотный сигнал принятой станции через катушку связи L_2, индуктивно связанную с катушкой L_1, поступает в цепь базы транзистора T_1. Усиленный им сигнал выделяется на высокочастотном дросселе *Др*, включенном в цепь коллектора транзистора, и через конденсатор C_4 подается на детектор, собранный по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Полученное в результате детектирования низкочастотное напряжение выделяется на резисторе R_3 через конденсатор C_5, подводится к базе транзистора и усиливается последним. Таким образом, транзистор одновременно усиливает колебания высокой и низкой частоты. Такой усилительный каскад называют *рефлексным*. Его нагрузкой по низкой частоте служит телефон *Тлф*, включенный в коллекторную цепь транзистора последовательно с высокочастотным дросселем *Др*.

Детали. Для сборки приемника нужны следующие покупные радиодетали. Стержень длиной 100—140 *мм* и диаметром 8—10 *мм* из феррита марки 400НН. Кольцо с наружным диаметром 8—10 *мм* из феррита марки 600НН или 1000НМ. Конденсатор подстроечный КПК-2 емкостью 25—150 *пф*. Постоянные конденсаторы: типа КТ-1 емкостью 12—24 *пф*, КДС, КД-1 или КСО емкостью 1 000 и 6 800 *пф*, БМ, МБМ емкостью 0,05 *мкф* и ЭМ емкостью 2 и 10 *мкф* на номинальное напряжение 6—10 *в*. Миниатюрный электромагнитный телефон ТМ-1, ТМ-2 или иного типа. Два элемента типа 332 или одна батарея для карманного фонаря типа КБС-Л-0,5. Транзистор типа П401, П402, П403 или П403А. Любой диод из серий Д1, Д2 и Д9.

Самодельными деталями являются контурные катушки L_1 и L_2 магнитной антенны и дроссель *Др*. Для приема на длинных волнах катушка L_1 должна содержать 240—280 витков, а L_2 — 15—20 витков провода ПЭЛ, ПЭВ или ПЭЛШО 0,1—0,15. Для приема на средних волнах первая из них должна иметь 120—140 витков, а вторая 8—12 витков провода тех же марок диаметром 0,2—0,25 *мм*. Дроссель *Др* наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ на кольце-

[1] Написано для Хрестоматии М. М. Румянцевым.

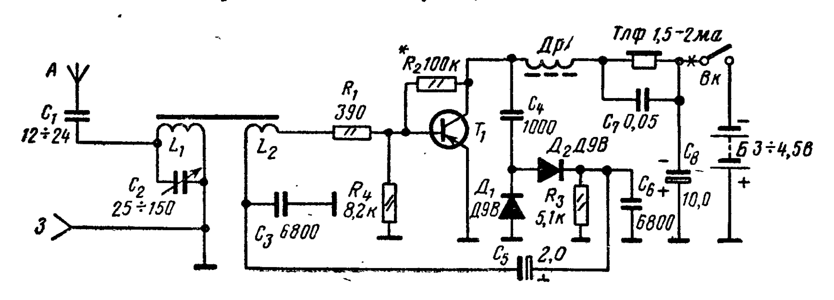


Рис. 1.

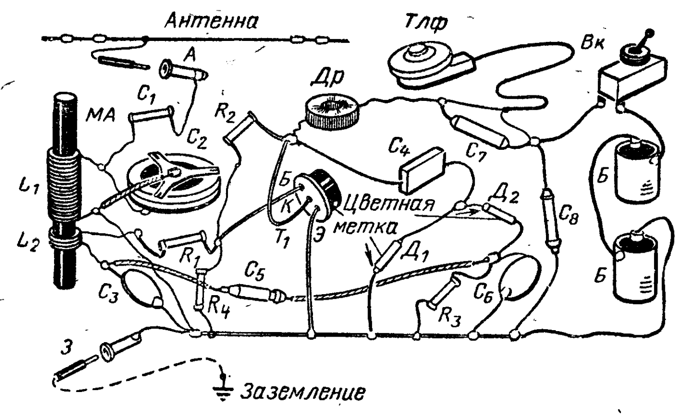


Рис. 2.

вом сердечнике, число его витков 200—250. Намотку всех катушек выполняют внавал.

Сборка и налаживание. На рис. 2 показан монтаж рабочего макета приемника. Первоначальная сборка на макете имеет очень большие преимущества. На нем легко проверить детали, подобрать нужный режим работы транзистора, установить границы рабочего диапазона. Проводить все эти операции на схеме, уже окончательно собранной на основной монтажной плате, значительно сложнее, а при тесной компоновке просто невозможно.

Собранный макет проверяют по принципиальной схеме. Затем с помощью миллиамперметра постоянного тока, подбирая сопротивление резистора R_2, устанавливают коллекторный ток транзистора T_1 в пределах 1,5—2 *ма* и настраиваются на какую-либо радиостанцию. Если прием идет слабо, то следует попытаться более тщательно подобрать режим работы транзистора или заменить его другим с бо́льшим коэффициентом усиления. После этого подбором количества витков антенной катушки L_1 устанавливают границы рабочего диапазона в нужные пределы.

Схему приемника, налаженную в макете, можно смонтировать на плате и поместить в футляр.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ПРИЕМНИК [1]

Приемник прямого усиления (рис. 1) выполнен на шести транзисторах, двух полупроводниковых диодах и содержит немного других недефицитных деталей.

Его рабочий диапазон — средние (200—570 *м*) или длинные (750—2 000 *м*) волны — выбирается радиолюбителем.

Прием сигналов осуществляется на внутреннюю магнитную антенну, а воспроизведение радиопрограмм — на миниатюрный электродинамический громкоговоритель, встроенный в корпус.

Радиус действия приемника превышает 100 *км*. Его габариты 150×90××40 *мм*, вес около 400 *г*. В качестве источника питания используется галетная батарея типа «Крона» напряжением 9 *в* или аккумуляторная — 7Д0,1.

Конструкция приемника проста и доступна для самостоятельного изготовления любителям, имеющим некоторые слесарные и монтажные навыки.

---

[1] Автор М. М. Румянцев.

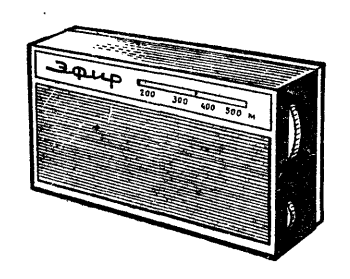


Рис. 1. Внешний вид приемника.

Схема приемника приведена на рис. 2. Настройка на станции осуществляется с помощью конденсатора C_1 контура магнитной антенны. С катушки связи L_2, индуктивно связанной с катушкой L_1, сигнал поступает на двухкаскадный усилитель высокой частоты на транзисторах T_1 и T_2, включенных по схеме с общим эмиттером, с нагрузками в виде резисторов R_2 и R_4. Коллектор транзистора T_1 непосредственно соединен с базой T_2. Такое построение схемы позволяет исключить из схемы конденсатор междукаскадной связи, значительно ослабить влияние изменений окружающей температуры и напряжения питания на работу усилителя ВЧ. Режим работы обоих транзисторов устанавливается напряжением смещения, подаваемым из цепи эмиттера T_2 через резистор R_1 в цепь базы транзистора T_1.

Усиленный каскадами ВЧ сигнал через конденсатор C_4 поступает на детектор, выполненный на диодах $Д_1$ и $Д_2$ по схеме с удвоением напряжения, которая обеспечивает несколько больший коэффициент передачи. Нагрузкой детектора служит переменный резистор R_6, выполняющий функции регулятора громкости. Сигнал звуковой частоты с этого резистора через разделительный конденсатор C_1 поступает на вход усилителя низкой частоты. Первые его два каскада имеют непосредственную связь. Нагрузкой транзистора T_3 первого каскада служит резистор R_7, а второго (T_4) — трансформатор $Тр_1$. Выходной каскад собран по двухтактной схеме на транзисторах T_5 и T_6 и через трансформатор $Тр_2$ нагружен на громкоговоритель *Гр*. Режимы работы всех трех каскадов УНЧ взаимосвязаны, устанавливаются подбором напряжения смещения на базе транзистора T_3 путем изменения сопротивления резистора R_{10}.

Питание приемника осуществляется от батареи *Б*, присоединяемой посредством выключателя *Вк*, конструктивно связанного с регулятором громкости.

Детали и конструкция. В приемнике применены радиодетали, имеющиеся в широкой продаже.

Транзисторы П422 можно заменить на П401, П402 или П403, ГТ309, а транзисторы МП40 на П14, П15, П16 и МП41. Можно применять полупроводниковые диоды Д9 с любым буквенным индексом.

Конденсатор переменной емкости из набора «Юность»; подойдет и КПЕ от малогабаритного транзисторного приемника «Сокол», «Нева», «Селга» и других промышленного изготовления.

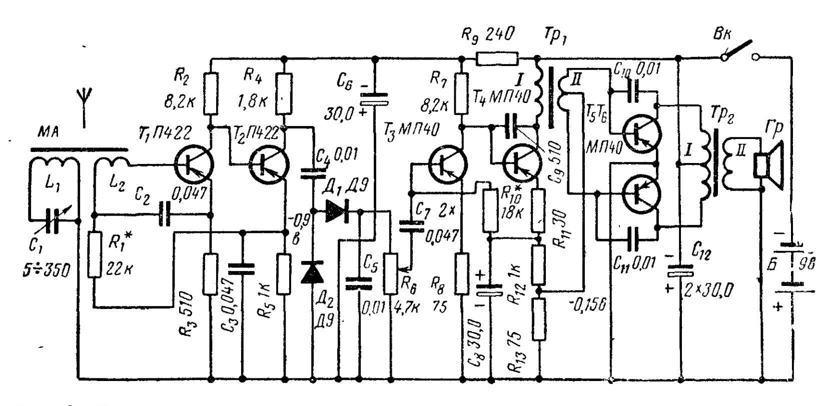


Рис. 2. Принципиальная схема приемника.

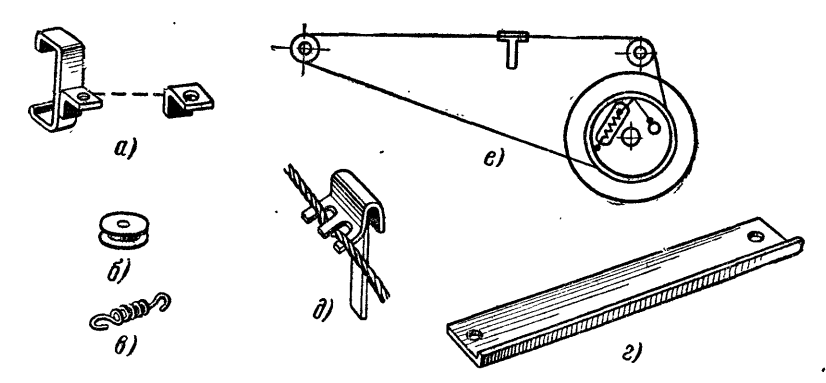


Рис. 3. Самодельные детали.

а — держатель антенны; *б* — ролик; *в* — пружина; *г* — подшкальник; *д* — крепление стрелки; *е* — кинематическая схема верньерно-шкального устройства.

Низкочастотные трансформаторы от тех же приемников. Громкоговоритель типа 0,1ГД-6 или 0,1ГД-8. Постоянные резисторы ВС-0,125, МЛТ-0,25 или МЛТ-0,5. Резисторы R_1 и R_{10} предназначены для регулировки, поэтому кроме указанных на схеме номинальных значений следует приобрести еще несколько ближних. Переменный резистор R_6 типа СП3-В 5,1 *ком* (можно применить такой же резистор на 6,8 или 10 *ком*). Конденсаторы постоянной емкости К10-7В, КЛС или другого типа; вместо конденсаторов емкостью 0,047 *мкф* можно применить 0,033 *мкф*, а вместо 0,01 *мкф* — 0,015 *мкф*. Электролитические конденсаторы ЭМ, К50-6 или К50-3.

Помимо покупных деталей в приемнике применены самодельные. К их числу относятся контурные катушки магнитной антенны, выполненные на бумажной гильзе, размещенной на ферритовом стержне прямоугольного сечения размерами 115×20×3 *мм* марки 400НН. Если любитель выбрал

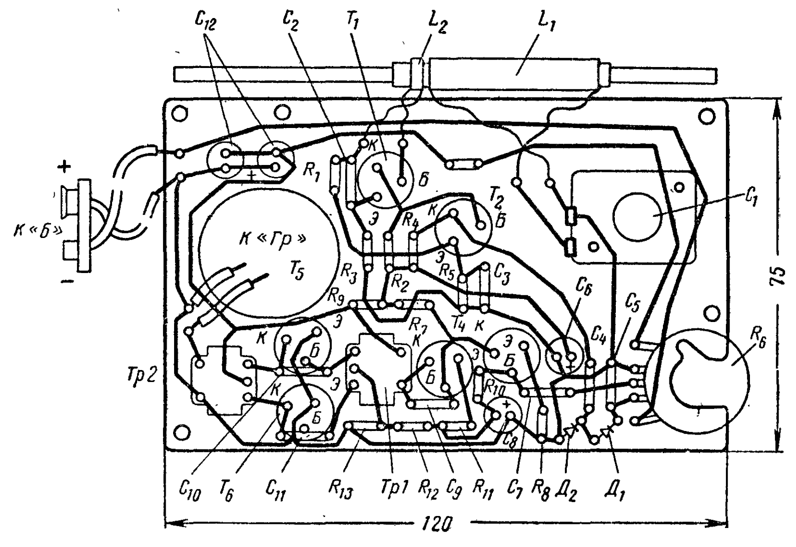


Рис. 4. Монтажная плата.

средневолновый диапазон, то катушка L_1 должна иметь 60—65 витков провода ЛЭШО 7×0,07 (литцентрат), а L_2 — 6—8 витков ПЭЛ или ПЭВ 0,12—0,2. Если же длинноволновый, то L_1 — 170—200 витков, а L_2 — 15—20 витков провода ПЭЛ или ПЭВ 0,1—0,12. Таким же проводом можно намотать и средневолновые катушки.

На рис. 3 показано конструктивное выполнение некоторых деталей крепления антенны и дана кинематическая схема шкального устройства приемника. Корпус и шкала используются подходящие готовые, например от приемника «Селга», либо самодельные. Монтажная плата выполняется на фольгированном гетинаксе путем нанесения рисунка нитрокраской и стравливания ненужной фольги в хлорном железе [1]. Можно выполнить монтаж, используя пустотелые заклепки (пистоны) и проводники без изоляции. Монтажная плата и все соединения между выводами деталей показаны на рис. 4.

Правильно собранный и налаженный приемник обеспечивает удовлетворительный прием радиовещательных станций и устойчив в работе.

КАК РАБОТАЕТ СУПЕРГЕТЕРОДИН [2]

В приемнике прямого усиления возможность усиления колебаний высокой частоты ограничена из-за опасности возникновения паразитных колебаний (самовозбуждения), особенно в диапазоне коротких волн.

Кроме того, необходимость перестройки всех контуров при переходе от одной станции к другой очень усложняет усилитель высокой частоты. Обе эти трудности могут быть устранены одним и тем же методом — преобразованием принимаемых колебаний любой частоты в колебания одной и той же фиксированной частоты.

Такой метод применен в супергетеродинных приемниках. Фиксированная частота, которая получается в супергетеродине, называется *промежуточной частотой* (пишут сокращенно ПЧ).

Принцип преобразования колебаний принимаемой частоты в колебания промежуточной частоты состоит в следующем. Если сложить гармонические колебания двух различных частот, то получаются так называемые биения. Графически этот процесс изображен на рис. 1. Кривые *А* и *Б* соответствуют двум колебаниям разной частоты, а кривая *В* изображает биения, полученные в результате сложения этих колебаний *А* и *Б*.

На кривой *В* видно, что период *Т* биений больше, чем период каждого из слагаемых колебаний и, следовательно, частота биений меньше, чем частота каждого из слагаемых колебаний; частота биений равна разности частот двух слагаемых колебаний. Чем больше разность между этими частотами, тем больше частота биений.

Так, если мы возьмем колебания с частотами 1 000 *кгц* (волна 300 *м*) и 1 465 *кгц* (волна 205 *м*), то биения, полученные в результате сложения этих колебаний, будут иметь частоту 465 *кгц* (1 465—1 000 = 465), что соответствует волне 652 *м*.

Однако хотя полученные биения и имеют период, соответствующий промежуточной частоте, они не представляют собой гармонических колебаний ПЧ. Чтобы получить эти колебания, нужно биения продетектировать. Так же как из модулированных колебаний при детектировании выделяются колебания с частотой модуляции, из биений в результате детектирования

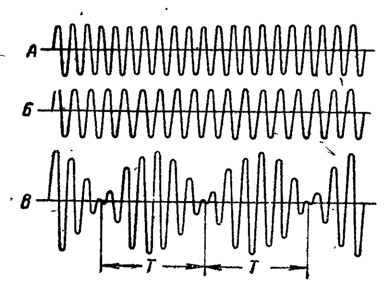


Рис. 1.

[1] См. статью Г. А. Бортновского на стр. 327.
[2] По разным источникам.

получаются разностные частоты (равной разности двух слагаемых частот). Этот метод преобразования частоты называют *методом смещения*.

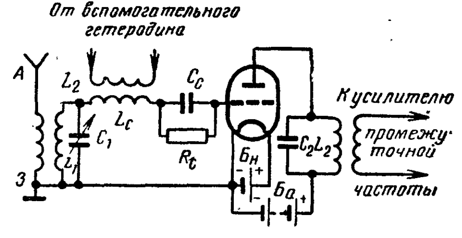


Рис. 2.

Как же осуществить этот метод при приеме радиостанций?

Пусть кривая *А* (рис. 1) изображает колебания, приходящие от передающей станции. Создадим в приемнике вспомогательные колебания высокой частоты (кривая *Б* на рис. 1) при помощи гетеродина (генератора с электронной лампой — см. стр. 55) и подберем их частоту так, чтобы разность частот колебаний *А* и *Б* составляла, например, 465 *кгц*. Сложим полученные колебания и пропустим их через детекторную лампу. Тогда в контуре, включенном в анодную цепь лампы и настроенном на разностную частоту, мы получим колебания разностной частоты 465 *кгц*. Эти колебания усиливают с помощью усилителя, который в этом случае называется *усилителем промежуточной частоты* (УПЧ).

Для преобразования частоты применяли схему, изображенную на рис. 2. Приходящие колебания улавливаются приемной антенной и через катушку L_1 попадают на сетку лампы смесителя. В катушке L_c на них накладываются колебания вспомогательной частоты от катушки гетеродина. Контур L_2C_2 в анодной цепи лампы настроен на разностную частоту. Полученные в результате детектирования колебания разностной частоты направляются из этого контура для дальнейшего усиления в усилитель промежуточной частоты.

В современных ламповых супергетеродинах возбуждение вспомогательных колебаний и детектирование биений на длинных, средних и коротких волнах обычно выполняет комбинированная лампа — триод-гептод (или триод-гексод). Схема преобразователя частоты с триод-гептодом 6И1П приведена на рис. 3. Триодная часть лампы работает в гетеродине (обычно он выполняется по схеме с индуктивной связью, подобной изображенной на рис. 2 на стр. 56). В гептодной части лампы колебания принимаемой частоты смешиваются с колебаниями частоты гетеродина и из полученных биений выделяются колебания разностной, промежуточной частоты. Для этого колебания принимаемой частоты подают на первую сетку гептода, а колебания от гетеродина — на третью сетку этой же части лампы.

Колебательный контур в цепи анода гептодной части лампы, настроенный на промежуточную частоту, выделяет колебания этой частоты. Дальше эти колебания подаются на усилитель промежуточной частоты.

При приеме модулированных колебаний, поскольку колебания гетеродина имеют постоянную амплитуду, биения, а также колебания промежуточной частоты промодулированы так же, как и приходящие колебания. Колебания промежуточной частоты после усиления подводят к детектору, и полученные после него колебания низкой частоты направляются в телефон или усилитель низкой частоты.

Рис. 3.

Усилитель промежуточной частоты содержит один-два каскада резонансного усиления, обычно на трансформаторах. Как правило, настраиваются обе обмотки трансформаторов, чем достигается

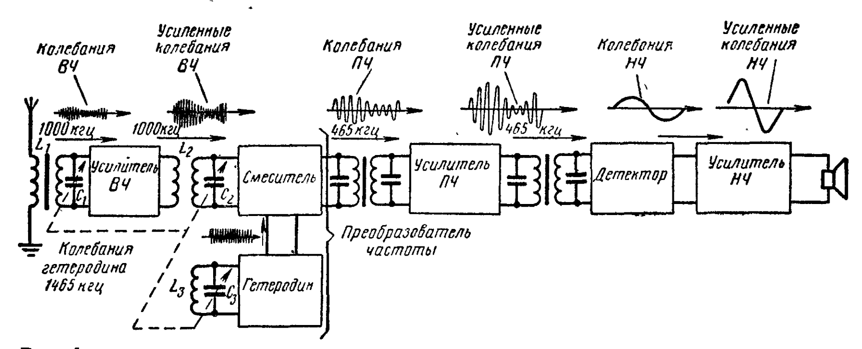


Рис. 4.

более выгодная в отношении избирательности форма резонансных кривых. Такие трансформаторы с обеими настроенными обмотками получили название *полосовых фильтров.*

Все фильтры при помощи подстроечных конденсаторов или магнитных сердечников раз навсегда настраивают на промежуточную частоту, чтобы весь усилитель промежуточной частоты давал достаточное усиление и возможно большую избирательность.

Частота колебаний гетеродина может изменяться в нужных пределах так, чтобы вместе с приходящими колебаниями всегда получалась одна и та же промежуточная частота. В этом заключается одно из важнейших преимуществ супергетеродина: вместо настройки многих междуламповых контуров приходится настраивать только контур гетеродина, входной контур приемника и контур каскада УВЧ (если последний имеется), т. е. настройка очень упрощается.

Промежуточная частота современных радиовещательных приемников при приеме на ДВ, СВ и КВ диапазонах выбирается обычно равной 465 *кгц*.

Колебания промежуточной частоты детектируются диодом и в результате получаются колебания низкой частоты.

Резонансное усиление промежуточной частоты само по себе обеспечивает большую чувствительность и избирательность супергетеродина, а преобразование частоты приходящих колебаний повышает его избирательность, потому что частоты принимаемой и мешающей станций после преобразования частоты «раздвигаются». Поясним на примере, как это происходит.

Пусть промежуточная частота равна 465 *кгц*, частота принимаемой станции 1 000 *кгц*, а частота мешающей станции 1 010 *кгц*, т. е. принимаемая и мешающая станции различаются по частоте на 1%. Чтобы получить в данном случае промежуточную частоту 465 *кгц*, нужно настроить гетеродин на частоту 1 465 *кгц*. Тогда мешающая станция даст колебания промежуточной частоты 455 *кгц*, так как 1 465—1 010 = 455.

Теперь сигналы мешающей станции отличаются по частоте от сигналов принимаемой станции уже больше чем на 2%. Благодаря преобразованию частоты волны принимаемой и мешающей станции «разошлись», относительная расстройка увеличилась и отстройка от мешающей станции облегчалась.

Однако, повышая избирательность приемника, преобразование частоты открывает возможность проникновения сигналов мешающей станции, если эта станция работает на некоторой «опасной» частоте. Дело в том, что одна и та же промежуточная частота получается, если частота приходящих сигналов на нужную величину *больше* или *меньше* частоты гетеродина. Поясним это на том же числовом примере, который рассмотрен выше.

Если гетеродин настроен на частоту 1 465 *кгц*, а промежуточная частота 465 *кгц*, то колебания нужной промежуточной частоты получаются как от

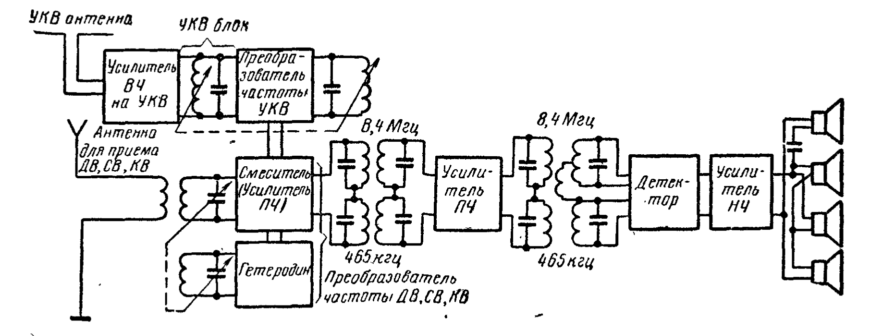


Рис. 5.

станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, так и от станции, работающей на частоте 1 930 *кгц*. В обоих случаях разность частот составляет 465 *кгц*.

Однако при приеме станции, работающей на частоте 1 000 *кгц*, на эту же частоту настраивается входной контур приемника, и поэтому сигналы мешающей станции, работающей на частоте 1 930 *кгц*, будут значительно слабее сигналов принимаемой станции. Супергетеродинный приемник, обладая вообще большой избирательностью, по отношению к этой так называемой *зеркальной помехе* обладает низкой чувствительностью.

Еще больше ослабить зеркальную помеху можно применением каскада усиления высокой частоты.

Функциональная схема супергетеродина показана на рис. 4. Во многих супергетеродинах (заводских и самодельных) нет усилителя высокой частоты. При этом настраивают на станцию два контура (входной и гетеродинный). В схеме же с усилением высокой частоты число настраиваемых контуров увеличивается до трех, так как прибавляется контур усилителя высокой частоты. Чтобы можно было осуществлять настройку всех контуров одной ручкой, применяют сдвоенные и строенные конденсаторы переменной емкости.

Супергетеродин с УКВ диапазоном сложнее. В него добавляются каскад усиления высокой частоты и еще один преобразователь частоты, используемые только во время приема на УКВ. Они образуют так называемый УКВ блок (рис. 5). В его преобразователе обычно работает один из триодов двойного триода (например, 6Н3П); второй триод работает в усилителе высокой частоты. В результате смешения колебаний принимаемой частоты с местными колебаниями получаются частотно-модулированные колебания с промежуточной частотой 8,4 *Мгц* (или 6,5 *Мгц*). Они поступают на первую сетку гептодной части триод-гептода. Эта лампа во время приема на УКВ работает как дополнительный каскад усиления промежуточной частоты, так как анодное питание гетеродина (триодной части триод-гептода) при этом выключается. В анодные цепи ламп, усиливающих колебания промежуточной частоты, включают дополнительно полосовые фильтры, настроенные на частоту 8,4 (или 6,5) *Мгц*. Низкочастотные колебания получают из колебаний промежуточной частоты с помощью частотного *детектора* (иначе он называется *дробный детектор*), в котором работают два диода. Один из этих диодов используется также для детектирования колебаний промежуточной частоты 465 *кгц* при приеме радиовещательных программ на длинных, средних и коротких волнах.

Супергетеродин был изобретен давно, в 1917 г. В течение сорока лет супергетеродины собирались на лампах. В последние годы в них стали применять транзисторы. Принцип действия супергетеродина от этого не изменился, но схемы преобразователей частоты на транзисторах отличаются от ламповых схем (см. стр. 237). Замена ламп транзисторами позволила значительно снизить потребляемую приемниками мощность, существенно умень-

шить габариты и вес конструкций, делать их портативными (карманными, переносными).

Среди некоторых радиолюбителей, и не только начинающих, бытует мнение, что собрать и наладить супергетеродин на лампах, а тем более на транзисторах под силу только опытным специалистам. Но это не совсем так. Начинать следует с относительно простого по схеме и конструкции супергетеродина. Описание одного из таких самодельных приемников приводится ниже.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН [1]

Приемник, внешний вид которого показан на рис. 1, представляет собой портативный супергетеродин на шести транзисторах. Предназначен он для громкоговорящего приема на внутреннюю магнитную антенну передач радиовещательных станций, работающих в одном из диапазонов (по выбору изготовляющего приемник) длинных (750—2000 *м*), средних (190—570 *м*) или коротких (30—62 *м*) волн. Приемник обладает относительно высокой избирательностью по соседнему и зеркальному каналам — лучше 20 *дб* (ослабление не менее чем 100 раз) и чувствительностью около 1—2 *мв/м* на СВ и ДВ и 2—3 *мв/м* на КВ. Приемник потребляет ток около 9 *ма* при работе с малой громкостью и 20—25 *ма* при максимальной громкости. Он работоспособен при уменьшении напряжения питания до 3—4 *в*.

Внешние размеры корпуса приемника 40×100×150 *мм*. Вес около 400 *г*.

Принципиальная схема

Супергетеродин содержит магнитную антенну (рис. 2), преобразователь частоты на транзисторе T_1, усилитель ПЧ на транзисторах T_2 и T_3, детектор на диоде $Д_1$, усилитель НЧ на транзисторах T_4 — T_6 и громкоговоритель $Гр_1$.

Магнитная антенна настраивается на волну желаемой станции с помощью конденсатора переменной емкости C_1. Параллельно ему включены подстроечный конденсатор C_3 и конденсатор постоянной емкости C_2, ограничивающие диапазон принимаемых волн.

Преобразователь частоты осуществляет преобразование частоты ВЧ колебаний принятого сигнала в частоту 465 *кгц*. Выполнен преобразователь частоты по наиболее простой схеме на одном транзисторе T_1, который работает одновременно и в смесителе, и в гетеродине. Часть катушки контура гетеродина L_3 включена в цепь эмиттера транзистора T_1. Частота генерации определяется индуктивностью этой катушки и результирующей емкостью конденсаторов C_4, C_5, C_6. Входной сигнал с катушки связи L_2 магнитной антенны поступает в цепь базы транзистора T_1, эмиттер которого по частоте входного сигнала зашунтирован конденсатором C_8. Одновременно в эту же цепь поступает напряжение от гетеродина. В результате смешения в цепи коллектора транзистора T_1 возникает ток, частота которого 465 *кгц* равна разности частот.

Сопряжение контуров магнитной антенны и гетеродина производится с помощью конденсаторов C_2, C_6 постоянной емкости и подстроечного конденсатора C_3; кроме того, соответствующим образом выбирается индуктивность катушки L_3.

Большинство высокочастотных транзисторов хорошо работают в преобразователе

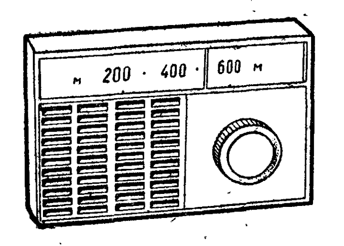


Рис. 1. Общий вид супергетеродина на транзисторах.

[1] Автор В. А. Васильев.

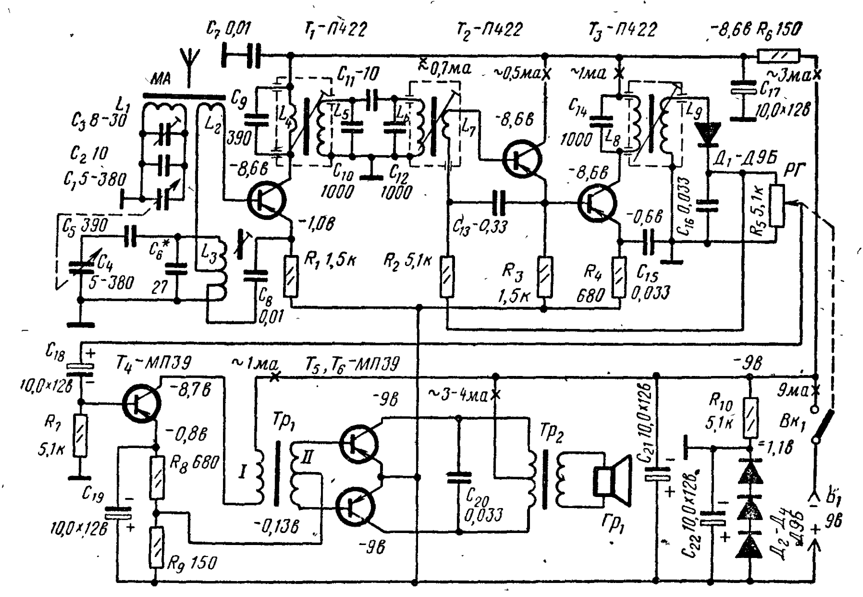


Рис. 2. Принципиальная схема супергетеродина.

частоты по схеме на рис. 2 при постоянном напряжении между коллектором и эмиттером, равном 3—8 *в*, и постоянном токе коллектора 0,6—1,0 *ма*. Если ток и напряжение меньше, то генерация будет слабой, либо вовсе не возникнет, а усиление, даваемое преобразователем частоты, может оказаться незначительным.

Стабилизация режима работы транзисторов, в особенности при батарейном питании, не простое дело, что обусловлено разбросом параметров транзисторов и изменением напряжения питания. В описываемом приемнике с помощью простейшего диодного стабилизатора поддерживается постоянное значение коллекторных токов всех транзисторов. В качестве стабилизирующих элементов использованы последовательно включенные в проводящем направлении три диода $Д_2$ — $Д_4$. При постоянном токе через диоды более 0,5 *ма* величина падения напряжения на них почти не зависит от величины тока. Вследствие этого при уменьшении напряжения батареи с 9 до 4,5 *в*, т. е. вдвое, величина напряжения на базе транзистора T_1 изменяется только на 0,2 *в* (от —1,1 до —0,9 *в* относительно положительного полюса батареи). В результате и величина тока коллектора мало изменяется. Обратите внимание на особенность описываемой схемы: стабилизированное смещение подано на общий («заземленный») провод, поэтому положительный полюс батареи не «заземлен».

Фильтр сосредоточенной селекции. Ток коллектора транзистора T_1, кроме колебаний промежуточной частоты, содержит составляющие с частотами гетеродина и входного сигнала, а также с частотами станций, работающих на близких волнах. Поэтому необходимо подавить в выходном сигнале преобразователя все мешающие составляющие. Делается это с помощью фильтра сосредоточенной селекции, состоящего из резонансных контуров L_5C_{10} и L_6C_{12}, связанных между собой конденсатором малой емкости C_{11} и настроенных на частоту 465 *кгц*. Связь фильтра с преобразователем частоты осуществляется катушкой L_4. Отфильтрованный сигнал промежуточной частоты подается в цепь базы транзистора T_2 усилителя ПЧ с катушки связи L_7. Во избежание паразитных наводок катушки фильтров заключены в экраны.

Преобразователь частоты не только изменяет частоту сигнала, но дает усиление: напряжение ПЧ на выходе преобразователя (на катушке L_7) в 10—15 раз больше вызвавшего его напряжения сигнала (на катушке L_2).

Усилитель ПЧ. Выходной сигнал УПЧ выделяется на резонансном контуре L_8C_{14}, включенном в цепь коллектора транзистора T_3 и настроенном на частоту 465 *кгц*. Действие отрицательной обратной связи по ВЧ через резистор R_4 устраняет конденсатор C_{15}, соединяющий эмиттер транзистора T_3 с «землей».

Для подавления паразитных связей между каскадами усилителей ПЧ и НЧ напряжение питания на коллекторы транзисторов T_1 — T_3 подается через развязывающий фильтр $R_6C_7C_{17}$.

Усилитель ПЧ дает усиление по напряжению примерно в 1 500—2 000 раз, а общее усиление от магнитной антенны до детектора равно 20—30 тыс. Это и дает возможность принимать с достаточной громкостью сигналы дальних радиовещательных станций.

Детектор содержит всего три элемента: диод $Д_1$, потенциометр R_5 и конденсатор C_{16}. Диод $Д_1$ выпрямляет переменное напряжение ПЧ. Конденсатор C_{16} сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Потенциометр R_5 служит одновременно нагрузкой детектора и регулятором громкости.

Напряжение ПЧ, поступающее на детектор, при котором приемник будет работать с достаточной громкостью, должно составлять около 40—60 *мв*. Следовательно, с учетом усиления преобразователя частоты и усилителя ПЧ напряжение сигнала на базе транзистора T_1 или на катушке L_2 должно быть не менее 2—3 *мкв*. Такое напряжение будет тогда, когда поле радиостанции наводит в катушке магнитной антенны L_1 э. д. с. величиной примерно 50 *мкв*. При магнитной антенне с приводимыми ниже конструктивными данными это соответствует чувствительности приемника около 1—3 *мв/м*.

Автоматическое регулирование громкости. Во избежание перегрузки транзисторов усилителя ПЧ при приеме передач мощных близко расположенных радиовещательных станций осуществляется автоматическое регулирование усиления (АРУ): при увеличении напряжения принимаемого сигнала усиление тракта ПЧ автоматически уменьшается. С этой целью нижний по схеме на рис. 2 вывод резистора R_2 соединен с верхним по схеме выводом резистора R_5.

По мере увеличения напряжения сигнала на входе приемника увеличивается постоянная составляющая выпрямленного напряжения на выходе детектора, которое уменьшает отрицательное смещение на базе транзистора T_2. В результате коллекторные токи транзисторов T_2 и T_3 уменьшаются и усиление УПЧ падает. Введение АРУ существенно улучшает качество звуковоспроизведения при приеме близко расположенных мощных станций.

Усилитель НЧ. С выхода детектора сигнал подается на вход усилителя через конденсатор C_{18}. В коллекторную цепь предварительного каскада УНЧ на транзисторе T_4 включена первичная обмотка согласующего трансформатора $Тр_1$; концы его вторичной обмотки подключены к базам транзисторов T_5 и T_6. Необходимое начальное смещение на их базах (—0,11 ÷ 0,15 *в*) создается за счет соединения среднего вывода вторичной обмотки с общей точкой резисторов R_8 и R_9, по которым проходит ток эмиттера транзистора T_4. Постоянное напряжение на коллекторы транзисторов T_5 и T_6 поступает через первичную обмотку трансформатора $Тр_2$, средняя точка которого соединена с отрицательным полюсом батареи.

При отсутствии сигнала НЧ коллекторные токи транзисторов T_5 и T_6 оконечного каскада усилителя НЧ определяются начальным смещением на их базах и составляют в среднем по 2 *ма*.

Детали

Транзисторы T_1—T_3 типа П422, П423, П401—П403 либо ГТ309А—ГТ309Е; T_4 — T_6 — типа МП39 — МП42 или П13 — П16. Внутренние шумы усилителя НЧ уменьшаются, если в его первом каскаде использовать транзистор МП39Б (П13Б).

Диоды $Д_1$—$Д_4$ — точечные германиевые типа Д9Б—Д9Д.

Резисторы типа ВС-0,125, МЛТ-0,25 или МЛТ-0,5 с допустимым отклонением от номинала не более ±10%. Потенциометр регулятора громкости R_5, совмещенный с выключателем питания *Вк* типа СП3-3а или СП3-3*е*, сопротивлением 4,7—10 *ком*.

Конденсаторы постоянной емкости C_7, C_8, C_{13}, C_{15}, C_{16}, C_{20} типа КДС или КЛС (можно применить конденсаторы типа БМ-2); емкость конденсаторов C_7 и C_8 должна быть не менее 6 800 *пф*, а конденсаторов C_{13}, C_{15}, C_{16} и C_{20} не менее 0,02 *мкф*.

Конденсаторы C_5, C_9, C_{10}, C_{12}, C_{14} должны иметь отклонение от номинальной емкости не более ±10%; пригодны конденсаторы типа КСО-1, КТ, ПМ-1, в крайнем случае КСО-2 и КЛС. Конденсаторы C_2, C_6, C_{11} могут быть типа КТ-1а. В зависимости от диапазона волн конденсаторы контуров магнитной антенны и гетеродина должны иметь следующие номинальные емкости в пикофарадах:

Диапазон волн	C_2	C_5	C_6
ДВ	15	180	47
СВ	10	390	27
КВ	91	3 300	91

Электролитические конденсаторы типа К50-3, К50-6, ЭМ, ЭМ-Н или фирмы «Тесла» на номинальное напряжение 10—12 *в* (C_1, C_{22} могут быть на 4—6 *в*).

Подстроечный конденсатор C_3 типа КПК-М с максимальной емкостью 25—30 *пф*. Двухсекционный блок конденсаторов переменной емкости (КПЕ) фирмы «Тесла».

Трансформаторы НЧ от приемника «Сокол». Они выполнены на Ш-образных сердечниках Ш6,4×6 из пермаллоя. Имея одинаковый внешний вид, они различаются буквенными индексами, нанесенными на защитной обертке каркаса: С — согласующий ($Тр_1$), В — выходной ($Тр_2$). Можно использовать аналогичные трансформаторы от карманных приемников «Мир», «Планета» и др. либо изготовить самостоятельно по данным, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Трансформаторы низкой частоты

Обозначение обмотки	Марка и диаметр провода	Число витков	Сопротивление постоянному току, *ом* *
	Согласующий		
I	ПЭВ-2 0,1	2 200	230
II	ПЭВ-2 0,1	260 + 260	50 + 50
	Выходной		
I	ПЭВ-2 0,09	450 + 450	30 + 30
II	ПЭВ-2 0,23	102	1,6

* Допускаемое отклонение ± 20%.

Громкоговоритель $Гр_1$ — с номинальной мощностью 0,1—0,2 *ва* и с сопротивлением звуковой катушки 6—10 *ом*; наиболее желательно применение громкоговорителя типа 0,1ГД-6 или 0,1ГД-8 (последний отличается малыми размерами и весом). Можно применить громкоговоритель типа 0,1ГД-3 или 0,2ГД-1, но их чувствительности несколько меньше, чем первых двух.

Катушка гетеродина L_3 — самодельная. Если приемник рассчитывается на диапазон СВ или ДВ, то для ее изготовления используется унифицированный двухсекционный каркас с подстроечным сердечником из феррита марки 600НН (рис. 3, *а*). Такие каркасы, в частности, применены в ФПЧ ламповых приемников «Волна», «Муромец» и др. Можно также использовать броневой сердечник из карбонильного железа типа СБ-12а; намоточные данные катушки L_3 при этом не изменяются (табл. 2).

Катушка L_3 для КВ диапазона наматывается на пластмассовом каркасе диаметром 7,5 *мм* с подстроечным сердечником типа СЦР-1 (рис. 3, *б*). Такие каркасы с сердечниками применяются в тракте ПЧ телевизоров «Рубин», «Волна» и др. В этом случае катушка L_3 должна содержать 1,5 + 3 + 5,5 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,3—0,41 *мм*.

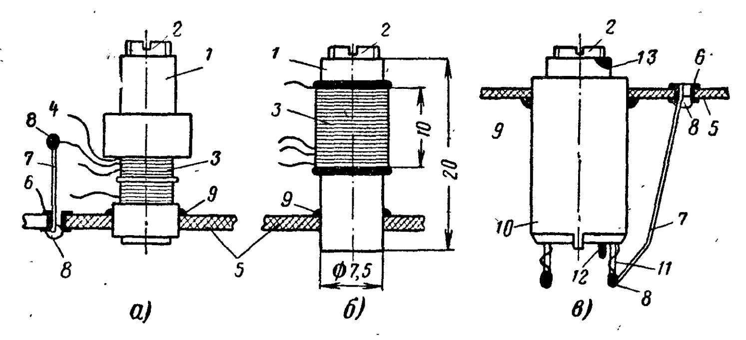


Рис. 3. Катушка L_3 гетеродина для диапазона средних, длинных волн (*а*), для диапазона коротких волн (*б*) и трансформатор фильтра ПЧ (*в*).

1 — каркас; *2* — подстроечный сердечник; *3* — обмотка; *4* — вывод начала обмотки; *5* — монтажная плата; *6* — пистон; *7* — соединительный проводник; *8* — пайка; *9* — клей; *10* — экран; *11* — вывод; *12* — штифт; *13* — цветная метка.

Катушки ФПЧ — готовые, от приемника «Селга». Продаются они в сборе в экранах с подстроечными сердечниками (рис. 3, *в*); имеют различные цветные метки, нанесенные у горловины пластмассового каркаса. Катушки ФПЧ можно изготовить самостоятельно, используя аналогичные по конструкции ФПЧ приемника «Сокол», «Нева», «Нева-2», «Чайка» и т. п.

Таблица 2

Контурные катушки

Обозначение на схеме	Число витков для диапазона		Провод	Примечания
	СВ	ДВ		
L_1 L_2	65 6	190 15	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,1—0,14	Намотка на стержне из феррита марки 400НН
L_3	2 + 4 + 66	2 + 5 + 130	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,1—0,14	
L_4 L_5	50 70		ПЭЛШО 0,1 ЛЭ 5×0,06	От приемника «Селга»; ФПЧ-1 (красная точка)
L_6 L_7	70 4 или 7		ЛЭ 5×0,06 ПЭВ-2 0,1	От приемника «Селга»; ФПЧ-2 (коричневая точка) или ФПЧ-3 (желтая точка)
L_8 L_9	70 110		ПЭВ-2 0,1 ПЭЛШО 0,1	От приемника «Селга»; ФПЧ-4 (белая точка)

Магнитная антенна (рис. 4) выполняется на плоском стержне размером 3×20×115 *мм* из феррита марки 400НН. По сравнению с аналогичным по длине цилиндрическим такой сердечник обладает главным для карманного

приемника преимуществом — малой толщиной, благодаря чему хорошо используется объем корпуса приемника. Для диапазона СВ или ДВ катушки L_1 и L_2 наматываются на подвижном бумажном каркасе, свободно перемещающемся по ферритовому стержню (данные приведены в табл. 2).

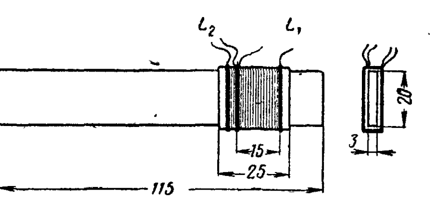


Рис. 4. Магнитная антенна для диапазонов СВ и ДВ.

Катушки магнитной антенны для КВ диапазона намотаны проводом марки ПЭЛШО или ПЭЛ диаметром 0,30—0,41 *мм* на каркасе, склеенном из органического стекла толщиной 1,5—2 *мм*; L_1 — 6 витков; L_2 — 2 витка Длина намотки L_1 — 10 *мм*. Размещается каркас с катушками на самом конце стержня.

Монтажная плата приемника изготовляется из текстолита или гетинакса толщиной 1,5—2,0 *мм* (рис. 5 и 6). На ней размещают все детали приемника, за исключением громкоговорителя, закрепляемого на лицевой панели корпуса, и батареи, подключаемой с помощью гибких проводников, снабженных на конце контактной парой от отслужившей свой срок батареи «Крона».

Монтаж деталей — односторонний с использованием пустотелых заклепок, изготовленных из жести или листовой латуни. Соединения между ними осуществляются с помощью собственных выводов деталей и дополнительных проводников.

Выводы ФПЧ включены в схему с помощью вспомогательных проводников (см. рис. 3, *в* и 6). Сделано это для того, чтобы избежать повреждения каркасов катушек и их выводов при перепайках ФПЧ, которые могут потребоваться при устранении допущенных ошибок при монтаже. Если выводы ФПЧ впаивать в заклепки непосредственно, то при перепайке ФПЧ может выйти из строя.

Стержень магнитной антенны укрепляется на двух кронштейнах суровыми нитками или на клею. Экраны ПЧ вставляются в соответствующие вырезы монтажной платы и фиксируются с помощью клея (например, «суперцемент»).

Верньер (рис. 7). В качестве ведущей оси верньера используется ось со втулкой от переменного резистора типа СП или ТК. Ведомым является шкив из органического стекла толщиной 3—4 *мм*, имеющий центральный фигурный вырез (под полуось КПЕ) и желобок по окружности. Передача осуществляется крученой шелковой или капроновой ниткой, закрепленной на шкиве одним концом жестко, а другим — на пружине. Движущаяся нить перемещает также указатель по шкале настройки.

Шкала вычерчивается на белой плотной бумаге и наклеивается на подшкальник, закрепляемый на плате с помощью клея или винта. Снаружи шкала защищается вставкой из прозрачного органического стекла.

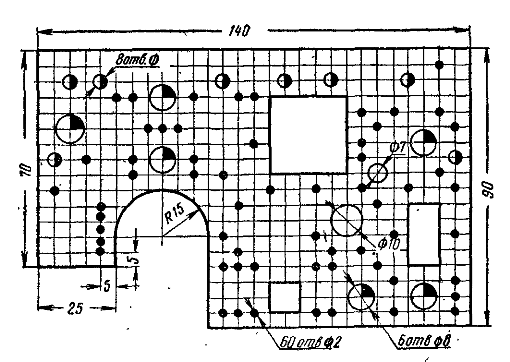


Рис. 5. Размеры и разметка монтажной платы.

Корпус приемника лучше всего склеить из цветного непрозрачного органического стекла толщиной 2,5—3,0 *мм*. Лицевую решетку под громкоговоритель можно выпилить из имеющегося в продаже пластмассового обрамления телевизора «Рекорд», «Темп-6» и т. п.

Внешний вид приемника выиграет, если лицевую панель изготовить из анодированной металлической панели, как

Рис. 6. Размещение и соединение деталей на монтажной плате.

в приемнике «Селга», «ВЭФ-транзистор-10» или «Спидола». В качестве рукоятки настройки рекомендуется применить пластмассовую ручку регулятора громкости или тембра от одного из радиовещательных приемников.

Налаживание

Прежде чем приступить к налаживанию приемника, необходимо внимательно проверить все монтажные соединения на плате и вне ее, обращая особое внимание на правильность включения выводов транзисторов и катушек, а также полярность диодов, электролитических конденсаторов и батареи питания. После устранения дефектов можно включить питание. Для этого ручку регулятора громкости нужно повернуть до упора по часовой стрелке.

Если детали исправны и соединения сделаны правильно, то в громкоговорителе должно быть слышно легкое шипение. Исправность усилителя НЧ и детектора можно проверить, подключая к аноду диода $Д_1$ внешнюю антенну или кусок провода длиной 3—4 *м*. Если при этом в громкоговорителе будут слышны трески (атмосферные разряды) или сигналы одной или нескольких станций, это означает, что детектор и усилитель НЧ работают нормально.

После этого необходимо убедиться в работоспособности высоко-

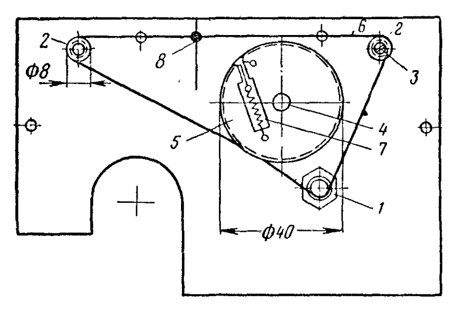


Рис. 7. Конструктивная схема верньера.

1 — ведущая ось; *2* — ролики; *3* — винт М3; *4* — ось блока конденсаторов переменной емкости; *5* — шкив; *6* — нить; *7* — пружина; *8* — подвижной указатель (стрелка) шкалы настройки.

частотного тракта. Установив сердечники всех катушек в среднее положение и плавно вращая ручку настройки, можно попытаться найти сигнал хотя бы одной станции. Если ничего не слышно, то нужно подключить внешнюю антенну к конденсатору C_1 и вновь повторить попытку.

Найдя станцию, можно перейти к настройке фильтров ПЧ в резонанс. Делают это путем изменения индуктивности катушек ПЧ, добиваясь возрастания громкости. Сначала изменяют положения сердечников катушек L_8, L_9, L_6, L_7, затем L_5 и L_4. Операция повторяется два-три раза. Если громкость возрастет настолько, что появятся заметные искажения звука, то внешнюю антенну нужно отключить, либо перестроиться на другую станцию, сигнал которой слабее, и вновь подстроить фильтры ПЧ.

Следующий этап — установка границ диапазона и сопряжение частот настроек контуров магнитной антенны и гетеродина. Делать это лучше всего в вечернее время, когда наблюдается хороший прием многих станций и не только местных.

Сначала настраиваются на станцию, работающую на одной из наиболее длинных волн диапазона (около 50 *м* на КВ, 500—550 *м* на СВ и 1 700—2 000 *м* на ДВ), и перемещением сердечника катушки L_3 добиваются наибольшей громкости. Затем производится подстройка магнитной антенны перемещением каркаса катушек L_1 и L_2 по ферритовому сердечнику. Если при наибольшей громкости прием сопровождается свистом или завыванием, то это свидетельствует о самовозбуждении тракта ПЧ. Для его устранения необходимо несколько расстроить контуры фильтров ПЧ.

Далее приемник перестраивается на станцию, работающую у коротковолнового конца диапазона (около 31 *м* на КВ, 190—200 *м* на СВ и 700—750 *м* на ДВ), и изменением емкости конденсатора C_3 добиваются наибольшей громкости ее приема.

Если границы диапазона установлены правильно, а сопряжение на границах диапазона произведено достаточно точно, то сопряжение настройки в середине диапазона получится автоматически. Если чувствительность на этом участке диапазона мала, рекомендуется вращением сердечника катушки L_3 вновь произвести сопряжение на концах диапазона, как описано выше. После окончания налаживания преобразователя частоты необходимо проверить настройку фильтров ПЧ, добиваясь максимальной чувствительности при отсутствии самовозбуждения.

Описанная методика налаживания без измерительных приборов приемлема в случае полностью исправного приемника. Если же в нем имеются неисправные детали, то обнаружить их без ампервольтомметра (тестера) не легко, а зачастую и невозможно.

Неисправный каскад можно определить по результатам измерений режимов работы транзисторов.

Особо следует сказать о режиме транзистора T_1 преобразователя частоты. При нормальной работе гетеродина ток коллектора этого транзистора на 0,1—0,15 *ма* больше, чем в отсутствие генерации. Это увеличение должно наблюдаться по всему диапазону, где меньше, а где больше. Это явление можно использовать для проверки работы гетеродина. Если при замыкании на «землю» нижнего по схеме на рис. 2 вывода конденсатора C_8 напряжение на эмиттере транзистора T_1 уменьшается при любом положении ротора КПЕ, то гетеродин исправен. Если нет, то где-то в преобразователе неисправность. Чаще всего причиной бывает неправильное включение выводов катушки L_3.

Если в приемнике использованы резисторы со значительными отклонениями, режимы транзисторов будут далеки от требуемых. Правильный режим транзистора T_1 может быть установлен подбором сопротивления резистора R_1; режим T_2 — подбором R_3; T_3 — R_4; T_4 — R_8; T_5, T_6 — R_9.

Налаженный приемник будет принимать сигналы радиостанций, удаленных на сотни и тысячи километров.

ЛИТЕРАТУРА

Божко И. М., Локшин К. А. Транзисторные приемники промышленного изготовления. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 96 стр.

Справочник с описаниями 38 радиовещательных транзисторных приемников, выпускавшихся радиопромышленностью СССР к моменту издания книги.

В справочнике описания разбиты на разделы: малогабаритные и переносные приемники, настольные приемники и радиолы, автомобильные приемники, микроприемники.

Приводятся схемы, описания, данные катушек и трансформаторов.

Борисов В. Г., Отряшенков Ю. М. Юный радиолюбитель, изд. 4-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Четыре беседы (около 100 страниц) посвящены ламповым радиоприемникам прямого усиления, транзисторным приемникам и усилителям низкой частоты; одна беседа посвящена супергетеродинам.

В помощь радиолюбителю, вып. 26. Изд-во ДОСААФ, 1966.

Сборник содержит описание выпускаемого нашей промышленностью автомобильного транзисторного радиоприемника «Весна», даны описания высококачественных усилителей моно- и стереофонических.

В помощь радиолюбителю, вып. 28. Изд-во ДОСААФ, 1966.

Дано подробное описание карманного радиоприемника «Весна-2» В. Кокачева; приемник на пяти транзисторах собран по рефлексной схеме. В конце сборника приведено описание усилителя НЧ на транзисторах для переносных радиоприемников.

Радиолюбительский справочник. Под общ. ред. Д. П. Линде. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Гл. 10 и 11 посвящены радиовещательным приемникам и усилителям низкой частоты. Рассмотрены основные узлы приемников и усилителей.

Румянцев М. 50 схем карманных приемников. Изд-во ДОСААФ, 1966, 208 стр.

Сборник схем карманных транзисторных радиоприемников, расположенных в нарастающей степени сложности: 32 схемы приемников прямого усиления и 18 — супергетеродинных.

В начале книги рассматриваются вопросы подбора и взаимозаменяемости радиодеталей, описывается изготовление катушек, макетирование, компоновка деталей и монтаж.

Прилюк Н. В. Карманный радиоприемник на транзисторах, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

Подробное описание схемы конструкции деталей и узлов супергетеродинного радиоприемника на семи транзисторах, получившего Золотую медаль на Всесоюзной радиовыставке. Приемник работает на длинных и средних волнах. Источник питания — батарея из семи аккумуляторов типа Д-02.

Подробное описание конструкции, порядка настройки и сопряжения контуров дают возможность построить этот приемник даже неопытным радиолюбителям.

Рассказано, как изготовить корпус приемника, выпрямительное устройство для зарядки батарей аккумуляторов и выпрямитель для питания приемника от сети переменного тока при стационарном использовании.

Громкость приемника, если к нему подключить внешний громкоговоритель мощностью 0,5—1 *вт*, вполне достаточна для большой комнаты.

Соболевский А. Г. Я строю супергетеродин. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 128 стр.

Книга о принципе работы супергетеродинного приемника и его отдельных блоках. Рассказано о методике конструирования ламповых и транзисторных супергетеродинов.

Борноволоков Э. П. Малогабаритные радиоприемники. Изд-во «Знание», 1968, 144 стр.

Автор знакомит читателя с карманными радиоприемниками на тран-

зисторах от простейших прямого усиления до шестидиапазонного супергетеродина, КВ приемника с двойным преобразованием частоты.

Приводятся некоторые теоретические сведения, необходимые для грамотного выбора схемы приемника. Даются указания по конструктивному оформлению приемников, изготовлению некоторых самодельных деталей.

В книге показано, что изготовление карманных транзисторных радиоприемников доступно всем радиолюбителям.

Васильев В. А. Самодельные коротковолновые приемники на транзисторах. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 56 стр.

Подробное описание схемы, конструкции и налаживания четырех любительских коротковолновых приемников разной степени сложности (два на шести транзисторах, один на семи и четвертый на восьми транзисторах). Три приемника имеют обзорный КВ диапазон 25—50 *м* (6—12,0 *Мгц*), а один приемник — полурастянутые диапазоны: 25—31 и 41—75 *м*. Для изготовления приемников можно использовать распространенные детали и элементы.

Гумеля Е. Б. Выбор схем транзисторных приемников, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 72 стр.

Изложены основные вопросы выбора схем транзисторных приемников и дан расчет их узлов (расчетные формулы сведены до минимума). Даются схемы приемников прямого усиления, супергетеродинов и отдельных их каскадов.

Эта книга рассчитана на руководителей радиокружков и радиолюбителей, имеющих опыт конструирования приемников.

Кокачев А. П. Простые радиоприемники на транзисторах. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 70 стр.

Подробно описывается шесть различных по схеме и конструкции радиоприемников с 4—6 транзисторами. Все описания даются с монтажными платами, конструкцией деталей и указаниями по налаживанию.

Даются советы, как проверить детали перед сборкой, и указания по изготовлению некоторых малогабаритных узлов, громкоговорителя на базе капсюля ДЭМШ-1 и других деталей.

Книга предназначена для начинающих радиолюбителей.

Малинин Р. М. Справочник по транзисторным схемам. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 184 стр.

В справочнике приводятся зарекомендовавшие себя схемы, применяемые в радиовещательной аппаратуре отечественной промышленности и радиолюбительские.

Даются приемно-усилительные схемы, схемы усилителей низкой частоты. Схемы сопровождаются краткими описаниями принципов действия, приводятся данные деталей, указываются рекомендуемые режимы.

Матлин С. Л. Радиосхемы (пособие для радиокружков). Изд-во ДОСААФ, 1968.

Альбом содержит 6 схем и описаний транзисторных приемников и деталей к ним, 6 ламповых приемников, 7 усилителей низкой частоты, два комплекта приемников и передатчиков для «Охоты на лис», любительский КВ передатчик, 8 различных измерительных приборов и 5 конструкций малой автоматики.

В помощь радиолюбителю, вып. 29. Изд-во ДОСААФ, 1968.

В сборнике имеются статьи с описанием бестрансформаторных усилителей низкой частоты на транзисторах с выходной мощностью от 50 *мвт* до 8 *вт*.

Приводится расчет оконечного каскада.

В помощь радиолюбителю, вып. 30. Изд-во ДОСААФ, 1968.

В сборнике помещено подробное описание малогабаритного супергетеродина А. Перелыгина на два диапазона: средневолновый и коротковолновый; схема его содержит 11 транзисторов. Питание от батареи КБС-Л-0,5.

Белов В. П. Радиофизический кружок. Изд-во «Просвещение», 1969, 128 стр.

Изложен опыт работы автора по созданию радиофизического круж-

ка в армавирской средней школе № 6. Подробно описана методика организации кружковой работы и практические занятия на конкретных конструкциях радиоприемников и усилителей для начинающих и опытных радиолюбителей.

Все приемники (их описано шесть) транзисторные, прямого усиления.

Книга — ценное пособие для учителей физики и руководителей радиокружков.

На основе своего опыта автор — одним из первых руководителей радиокружков — защитил кандидатскую диссертацию.

Веневцев М. К. Переделка ламповых приемников на транзисторные. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Показаны возможные способы замены ламп в различных каскадах супергетеродинного радиоприемника на транзисторы и приведены практические схемы, которые могут быть использованы при переделке того или иного приемника.

В качестве примера подробно рассмотрена переделка на транзисторы массовых приемников типа «Москвич В» и «Искра-53». Переделка осуществляется сравнительно просто и дает большой выигрыш: сокращает в 3—4 раза расход электроэнергии на питание, громоздкие батареи заменяются батарейками от карманного фонаря, повышается надежность за счет практически неограниченного срока службы транзисторов.

Книга предназначена для широкого круга читателей.

В помощь радиолюбителю, вып. 31. Изд-во ДОСААФ, 1969.

В сборнике помещено подробное описание транзисторного приемника прямого усиления В. Львова; приемник выполнен по схеме 2-V-3 на пяти транзисторах и рассчитан на работу в диапазоне средних и длинных волн.

Цыкин Г. С. Усилители электрических сигналов, изд. 2-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 384 стр.

Книга входит в учебную серию МРБ и представляет собой учебник по усилителям для радиолюбителей.

В ней рассматриваются наиболее употребительные схемы усилительных каскадов и устройств, даются необходимые расчетные формулы и методические указания по расчету, приводятся примеры практических расчетов.

Книга рассчитана на радиолюбителей, имеющих среднее образование.

Белов И. Ф., Дрызго Е. В. Справочник по транзисторным радиоприемникам. Изд-во «Советское радио», 1970, 520 стр.

Справочник содержит основные технические характеристики, схемы и описания конструкций и деталей 57 транзисторных радиовещательных приемников и радиол, выпущенных советской промышленностью в 1959—1968 гг.

Кроме принципиальных схем и их краткого описания в справочник включены карты режимов работы транзисторов, схемы расположения узлов и деталей на монтажной плате, намоточные данные элементов, схемы распайки выводов контурных катушек и трансформаторов.

Изложена методика регулировки и настройки транзисторного приемника с помощью контрольно-измерительной аппаратуры, получившая распространение в заводской практике. Кроме того, для радиолюбителей даны сведения о настройке приемников без специальной контрольно-измерительной аппаратуры.

Рассмотрены характерные неисправности транзисторных приемников, встречающиеся как при первичной настройке, так и при эксплуатации приемника, способы обнаружения и устранения неисправностей.

В конце книги приводятся справочные таблицы основных технических характеристик и качественных показателей транзисторных радиоприемников, данные их деталей, громкоговорителей, источников питания.

Справочник рассчитан на радиолюбителей, специалистов по ремонту транзисторных приемников, студентов вузов и конструкторов радиовещательной аппаратуры.

Васильев В. А. Простые транзисторные супергетеродины. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 80 стр.

В книге описаны схемы, конструкции и порядок налаживания нескольких радиоприемников, в которых применены самые доступные детали.

Предназначена для начинающих радиолюбителей.

Featured Вознюк В. В. В помощь школьному радиокружку. Изд-во «Энергия», 1970, 80 стр.

Книга отражает большой опыт работы автора на станции юных техников г. Новосибирска. Коллективы юных радиолюбителей, руководимые В. В. Вознюком, неоднократно отмечались на Всесоюзных радиовыставках.

В книге содержатся примерные программы кружков юных радиолюбителей, методические указания по ведению занятий в радиокружке, рассказывается, как оборудовать его помещение, какие нужны инструменты и материалы. Значительная часть книги посвящена описаниям радиоприемников на электронных лампах и транзисторах и технологическим советам.

Воробьев С. И. Учебный радиоконструктор на модулях. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Описано устройство учебного радиоконструктора на модулях с применением полупроводниковых приборов и печатного монтажа.

Радиоконструктор дает возможность моделировать большое количество схем радиоприемников и усилителей, помогая наглядно изучать различные элементы радиотехнических схем.

Книга рассчитана на радиолюбителей-конструкторов и может быть полезна руководителям радиокружков и преподавателям физики в школах.

Малышев В. В. Простой приемник на четырех транзисторах. Изд-во ДОСААФ, 1970, 32 стр.

Описание конструкции рефлексного приемника 2-V-2, разработанного З. Лайшевым и В. Носовым.

В приемнике использованы в основном имеющиеся в продаже готовые детали. Диапазон — средневолновый (187,5—565 *м*).

Подробно изложен процесс изготовления и налаживания приемника.

Окудзава Сейкити. Радиолюбительские конструкции на транзисторах, пер. с японск. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 180 стр.

В книге рассмотрено большое количество транзисторных приемников, стереофонических усилителей и другой аппаратуры, которая может быть самостоятельно построена читателем после проработки соответствующего теоретического материала, приводимого в начале каждой главы.

Соболевский А. Г. Твой первый радиоприемник. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Предназначенная для юных радиолюбителей книга рассказывает, как происходит радиопередача, какую схему выбрать для первого транзисторного приемника, как его сделать и наладить.



ЗВУКОСНИМАТЕЛИ [1]

Для электрического воспроизведения записи граммофонных пластинок применяются специальные приборы, называемые звукоснимателями.

Звукосниматель состоит из двух частей: головки, содержащей устройство для преобразования механических колебаний иглы, скользящей по звуковой канавке грампластинки, в соответствующие электрические колебания, и тонарма, на котором укреплена головка. Преимущественное распространение получили головки двух типов: электромагнитные и пьезоэлектрические. Принципиальное устройство электромагнитной головки показано на рис. 1. Магнит *1* снабжен двумя П-образными полюсными наконечниками из мягкой стали. Якорь *2* из того же материала свободно проходит через неподвижную катушку *3* и может поворачиваться около оси *4*. Таким образом, якорь является диагональю моста и в нейтральном положении вдоль якоря магнитный поток не проходит.

Во время работы звукоснимателя якорь отклоняется от среднего положения

[1] Написано А. К. Бектабеговым.

и баланс магнитного моста нарушается. По якорю в соответствующем направлении проходит магнитный поток, вследствие чего в катушке возникает э. д. с.

Действие пьезоэлектрических головок основано на использовании пьезоэлектрического эффекта, заключающегося в том, что при механической деформации некоторых кристаллов (пьезоэлементов) на их гранях возникают электрические заряды.

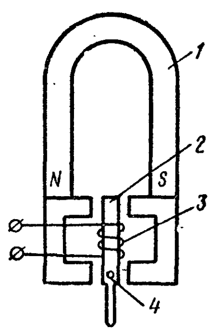


Рис. 1. Устройство электромагнитной головки звукоснимателя.

В зависимости от материала пьезоэлемента головки можно разделить на кристаллические и керамические. В кристаллических головках применяют сегнетовую соль. Однако этот материал хрупок, боится влаги и разрушается при температуре выше 40° С. Более совершенны керамические головки, построенные на пьезоэлементах из пьезоэлектрической керамики — материала, обладающего достаточной механической прочностью и рабочими свойствами, мало зависящими от атмосферных условий. Пьезоэлемент (рис. 2) состоит из двух керамических пластин, поверхности которых металлизированы. Пластины склеены между собой так, что при изгибе пьезоэлемента, когда одна из пластин растягивается, а другая сжимается, между поверхностями пьезоэлемента возникает суммарная разность потенциалов.

Устройство керамической головки, выпускаемой промышленностью, показано на рис. 3. Головка предназначена для проигрывания как долгоиграющих пластинок со скоростью вращения $33^1/_3$ и 45 *об/мин*, так и пластинок на 78 *об/мин* и потому имеет переключающиеся иглы. Пьезоэлемент *1* в виде прямоугольной балки размером 17×3×0,8 *мм* вставлен в резиновый карман *2* вместе с двумя контактными пластинами из металлической фольги *3*. Демпфирующий блок П-образной формы *4* для выравнивания частотной характеристики надет на пьезоэлемент. Свободный конец пьезоэлемента заделан в поводок *5* из легкой пластмассы. Иглодержатель *6* из той же пластмассы связан с рычагом переключения игл *7* через резиновую муфту *8*. Цилиндрическая пружина *9* устраняет люфт рычага в корпусе, а плоская пружина *10* фиксирует положение рычага при переключении игл. Снизу головка закрывается металлической крышкой, защищающей систему от механических пов-

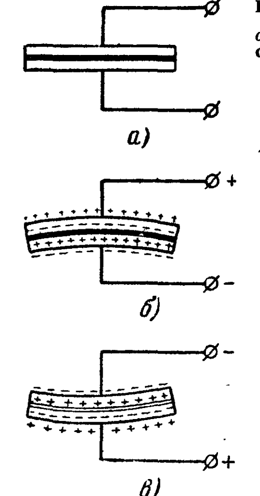
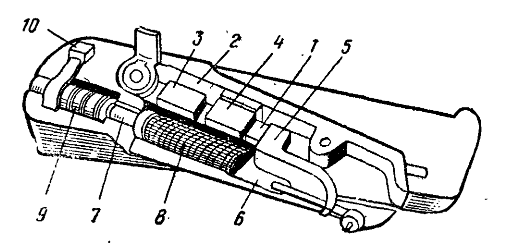


Рис. 2. Принцип действия керамического пьезоэлемента.

а — пьезоэлемент в покое; *б* — изгиб пьезоэлемента в одну сторону; *в* — изгиб пьезоэлемента в другую сторону.

Рис. 3. Устройство головки с керамическим пьезоэлементом.



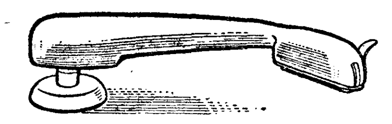


Рис. 4. Внешний вид звукоснимателя.

реждений. Переключение корундовых игл, расположенных рядом на конце иглодержателя, осуществляется поворотом иглодержателя относительно своей оси на небольшой угол.

Важное значение для работы звукоснимателя имеет тонарм. Он определяет правильное положение головки звукоснимателя относительно канавки записи и перемещение ее по пластинке, а также нормальную работу звукоснимателя в области низких частот. Так как тонарм, вращаясь на поворотной ножке, перемещается по дуге окружности, то плоскость симметрии головки, проведенная через конец иглы, может быть касательной к канавке только в одной какой-либо точке на поверхности пластинки. Во всех других точках эта плоскость будет расположена под некоторым углом к касательной. Для уменьшения этого угла, называемого углом погрешности, тонарм делают изогнутым, а конец иглы выносят несколько вперед за центр вращения пластинки. Чтобы обеспечить устойчивость иглы в канавках пластинки, а также избежать повышенной нагрузки на пластинку, инерционность тонарма в вертикальной и горизонтальной плоскостях должна быть небольшой. Поэтому тонарм делают из легких алюминиевых сплавов или пластмассы. Чтобы уменьшить давление иглы на пластинку, в тонарме иногда устанавливают отжимную пружину.

Трение и люфт в обеих осях тонарма должны быть минимальными, так как трение препятствует игле легко вести тонарм по пластинке, а люфт вызывает вибрации тонарма на низких частотах и нелинейные искажения.

Внешний вид звукоснимателя показан на рис. 4.

ОДНОЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФОНА [1]

Этот усилитель один из самых простых: его можно вмонтировать в любой заводской электропроигрыватель.

Собран усилитель на одной лампе 6Ф3П. Ее пентодная часть используется как оконечный усилитель, а триодная часть — для предварительного усиления (рис. 1).

Напряжение от звукоснимателя подводится к переменному резистору R_1, регулирующему громкость. С его движка через конденсатор C_1 напряжение

[1] Гендин Г. С. Самодельные усилители низкой частоты. Изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

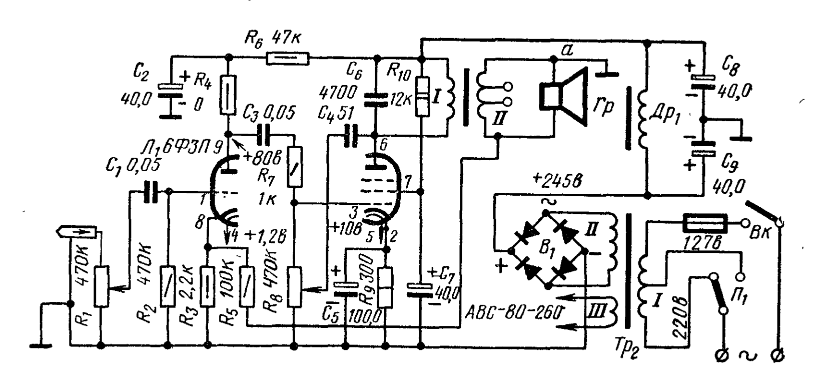


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя. Третья сетка пентодной части лампы должна быть соединена с ее катодом.

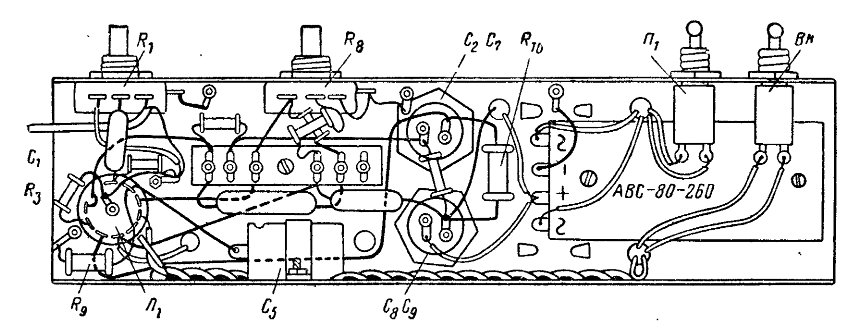


Рис. 2. Монтажная схема усилителя.

поступает на управляющую сетку триодной части лампы. Усиленный триодом сигнал через переходный конденсатор C_3 и резистор R_7 поступает на управляющую сетку пентодной части лампы.

В анодную цепь пентода включен выходной трансформатор $Тр_1$, к вторичной обмотке которого подключен громкоговоритель *Гр*. Конденсатор C_4 и переменный резистор R_8 образуют цепь отрицательной обратной связи, с помощью которой регулируют тембр звука.

Выпрямитель состоит из трансформатора питания $Тр_2$, селенового столба $В_1$, дросселя фильтра $Др_1$ и сдвоенного конденсатора фильтра C_8C_9.

На монтажной схеме (рис. 2) все детали и соединительные провода изображены так, как они расположены на шасси. Пользование монтажной схемой предотвращает неправильное взаиморасположение деталей, могущее повлечь за собой самовозбуждение усилителя.

При отсутствии сдвоенных электролитических конденсаторов емкостью 40 + 40 *мкф* на номинальное напряжение 300 *в* их можно заменить одинарными по 20 или 30 *мкф*, однако при этом придется соответственно изменить конструкцию шасси.

В выпрямителе необязательно применять селеновый столб АВС-80-260. Вместо него можно использовать восемь диодов типа Д7Е, Д226В или Д226Г, расположив их на изоляционной планке (рис. 3). В этом случае в схему выпрямителя добавится еще восемь постоянных резисторов сопротивлением по 75—100 *ком* с номинальной мощностью рассеивания 0,25—0,5 *вт* (все обязательно одинакового сопротивления).

Выходной трансформатор собирают из пластин электротехнической стали Ш-19, толщина набора 28 *мм*. Его первичная обмотка содержит 2 400 витков провода ПЭЛ 0,12 *мм*, а вторичная — 70 витков провода ПЭЛ 0,68 *мм* с отводами от 45 и 60 витков.

Трансформатор питания собирают из пластин Ш-24, толщина набора 30 *мм*. Его первичная обмотка состоит из 690 + 520 витков провода ПЭЛ 0,27 *мм* и ПЭЛ 0,23 *мм* соответственно. Вторичная (повышающая) обмотка

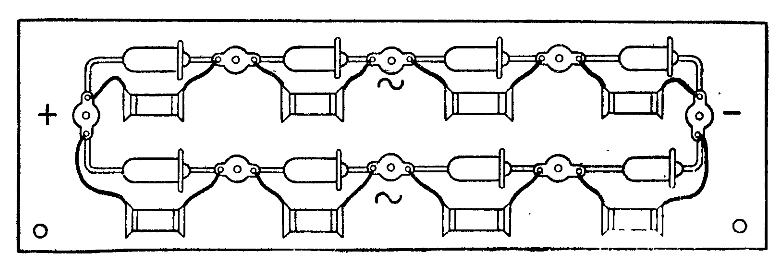


Рис. 3. Планка с диодами Д7.

содержит 1 350 витков провода ПЭЛ 0,15 *мм*. Понижающая обмотка (для накала лампы) содержит 39 витков провода ПЭЛ 0,8 *мм*.

Дроссель фильтра выпрямителя собирают из пластин электротехнической стали типа Ш-12, толщина набора 19 *мм*. Его обмотка содержит 3 500 витков провода ПЭЛ 0,14 *мм*. Можно применить готовый дроссель от телевизора «Рубин» или «Темп-6» (малый дроссель).

При монтаже усилителя следует обратить внимание на следующие особенности. Один из выводов обмотки накала (безразлично какой) для уменьшения фона переменного тока соединен с катодом пентодной части лампы (второй лепесток ламповой панели). С вторичной обмотки выходного трансформатора снимается напряжение отрицательной обратной связи. Поэтому небезразлично, какой конец обмотки заземлить и к какому концу припаять резистор R_5. Смонтировав усилитель, резистор R_5 и заземляющий провод к точке *а* временно рекомендуется не припаивать.

После того как монтаж будет закончен, можно включить усилитель в сеть, убедившись предварительно в том, что переключатель напряжения сети (тумблер $П_1$) установлен в нужное положение. Если при этом трансформатор питания сразу сильно загудит или перегорит предохранитель, тогда нужно немедленно выключить усилитель, найти и устранить ошибку в монтаже.

Если выпрямитель смонтирован правильно, то после включения усилителя нужно измерить напряжение на вторичных обмотках трансформатора питания и на конденсаторах фильтра выпрямителя. При измерении напряжений на обмотках трансформатора необходимо соблюдать осторожность, так как напряжение повышающей обмотки достигает 250—300 *в*, а при неправильной установке переключателя напряжения сети может оказаться равным 500—600 *в* и вызвать тяжелое поражение током. Никогда не следует браться двумя руками за два провода, за провод и шасси или любую другую деталь, находящуюся под током. Нормальным следует считать напряжение 220—245 *в* на повышающей обмотке и 6,6—6,9 *в* на ненагруженной обмотке накала ламп. При этом постоянное напряжение на выходе фильтра выпрямителя, т. е. на электролитическом конденсаторе C_8, должно быть 230—250 *в*.

Если все детали подобраны согласно схеме и исправны, а монтаж выполнен правильно, усилитель сразу же заработает и не потребует регулировки. Ручки регуляторов громкости и тембра нужно установить в среднее положение. После прогрева лампы в громкоговорителе появится слабый фон переменного тока. Он будет служить признаком того, что усилитель работает.

После этого нужно выключить усилитель и подпаять к лепесткам на регуляторе громкости экранированный провод от звукоснимателя. Для этого нужно разместить проигрыватель и усилитель на столе так, чтобы во время работы усилителя можно было «на ходу» присоединить к вторичной обмотке выходного трансформатора провода от резистора R_5 и шасси, оставленные неприсоединенными.

Включив усилитель и проигрыватель, нужно установить грампластинку и поставить на нее звукосниматель. Прослушивая запись, присоединяют заземляющий провод (точка *а* по схеме) к какому-либо одному выводу вторичной обмотки выходного трансформатора, а ко второму ее выводу присоединяют провод, идущий от резистора R_5. При этом громкость звука должна немного уменьшиться. Если же при подсоединении проводов появится самовозбуждение усилителя, то провода нужно поменять местами.

Когда цепь обратной связи будет правильно подключена, нужно выключить усилитель и проигрыватель, припаять провода обратной связи и «земли» и установить шасси усилителя на заранее выбранное место на панели проигрывателя. Там же укрепляют и громкоговоритель.

Усилитель и громкоговоритель размещают в зависимости от конструкции проигрывателя. Если он представляет собой только панель с электродвигателем и звукоснимателем, то лучше всего сделать небольшой чемоданчик, в котором усилитель можно разместить под панелью проигрывателя, а громкоговоритель — на откидной крышке.

В этом случае можно применить громкоговоритель 2ГД-3, так как он позволяет получить лучшее качество звучания, чем малогабаритные громкоговорители, особенно на нижних частотах.

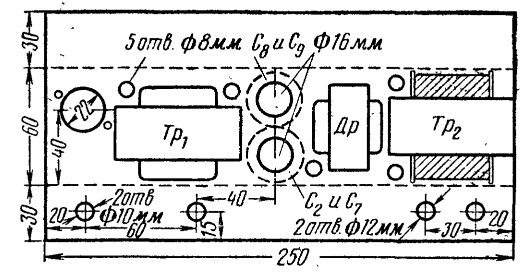


Рис. 4. Эскиз шасси усилителя.

Если же проигрыватель смонтирован в собственном чемоданчике, размеры которого позволяют разместить в нем и усилитель и громкоговоритель, тогда шасси усилителя нужно расположить под панелью электродвигателя, а громкоговорителю выбрать место в зависимости от размеров футляра проигрывателя. Можно взять любой громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 4,5—6,5 *ом* (например, 1ГД-5, 1ГД-6, 1ГД-9, 1ГД-18, 1ГД-19).

Для получения наибольшей выходной мощности при наименьших искажениях громкоговоритель нужно подключать к тому или иному отводу вторичной обмотки выходного трансформатора в зависимости от типа примененного громкоговорителя.

На рис. 4 приведен эскиз шасси усилителя и показано размещение деталей на нем для случая, когда от проигрывателя используется лишь панель с электродвигателем и звукоснимателем, которую вместе с усилителем и громкоговорителем размещают в ящике от патефона с пружинным механизмом. В этом случае можно вместо приводного механизма с электродвигателем использовать имеющийся в патефоне пружинный механизм, а вместо патефонной мембраны надеть электромагнитный звукосниматель.

Шасси усилителя располагают на месте удаленного раструба, а громкоговоритель — в нижней части крышки ящика (при другом расположении громкоговорителя его магнитная система не позволит закрыть крышку).

Если при регулировке усилителя его чувствительность окажется недостаточной или избыточной, то, подбирая сопротивление резистора R_5, усиление можно изменить. При уменьшении сопротивления резистора R_5 чувствительность усилителя уменьшается, а при увеличении — увеличивается.

МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ЗВУКА [1]

История развития магнитной записи сравнительно молода. Первый аппарат «Телеграфон» с записью на стальную проволоку был построен датчанином В. Паульсеном в 1898 г. Вслед за этим последовал длительный период, когда магнитная запись еще не могла конкурировать по качеству и эксплуатационным свойствам с грамзаписью и фотографической записью на кинопленку. Этот период завершился перед началом второй мировой войны разработкой аппарата, очень похожего на современный магнитофон — в нем уже была использована гибкая магнитная лента с порошковым покрытием и кольцевые магнитные головки.

После окончания войны магнитная запись быстро развивалась и стала широко применяться как в профессиональной, так и в любительской практике. Теперь магнитная запись стала самой технически совершенной системой записи и наиболее легко осуществимой в любительских условиях. Многие радиолюбители-конструкторы самостоятельно разрабатывают и изготавливают магнитофоны.

Магнитная запись в радиовещании. Исключительно высокое качество магнитной записи позволило ей сразу завоевать самое широкое применение

[1] Автор М. А. Згут.

в радиовещании. После того как в аппаратных радиодомов появились магнитофоны, практически невозможно стало различать, какая передача идет непосредственно из студии, а какая — в записи на магнитной ленте.

Еще в первые годы радиовещания в передачах широко применяли воспроизведение записи грампластинок и фотографических фонограмм. С появлением магнитофонов процент передач в форме «звуковых консервов» несоизмеримо вырос и продолжает расти до наших дней. В самом деле, если качество передачи от применения звукозаписи не изменяется, то зачем заставлять артистов и других исполнителей приезжать на радиостудию обязательно на время передачи? Ведь можно соответствующее выступление записать в иное время, удобное и техническому персоналу и тем, кто должен выступать перед микрофоном, а затем, позже, эту запись передать радиослушателям.

Записи радиопередач и отдельных выступлений можно сохранить в течение любого срока и использовать их впоследствии, если потребуется, многократно. Каждый современный радиодом имеет фонотеку — хранилище огромного числа самых разнообразных записей. Когда необходимо составить концерт или подобрать звуковое сопровождение к инсценировке, режиссеры радиопередач по картотекам разыскивают нужный материал и в считанные часы монтажеры, пользуясь записями из фонотеки, подготавливают новую запись. Важную роль в актуальных передачах играют репортажи, т. е. записи, сделанные непосредственно в месте событий. Для этой цели репортеры располагают специальными малогабаритными легкими магнитофонами, пользуясь которыми, они могут вести запись на заводе и в поле, в лесу и в шахте, на самолете и в подводной лодке. Такие же магнитофоны используют собиратели народного творчества — былин, сказок, песен, сказаний, повествований — свидетелей разных исторических событий.

Все, что до сих пор было сказано о применении звукозаписи в радиовещании, относится также к возникшей сравнительно недавно записи на магнитную ленту телевизионных изображений с помощью так называемых видеомагнитофонов. Сейчас радио- или телевизионную передачу можно осуществлять практически из любой точки земного шара и даже из космоса. Но когда в одном месте земного шара происходит интересное событие, в других местах, куда его следует передать, может быть ночь или иное неподходящее время. Значит, нужно изображение и звук задержать на несколько часов — записать, а потом воспроизвести. Так поступают при передаче из одного временного пояса в другой репортажей из космоса, различных международных соревнований и других важных событий.

Однако основная нагрузка видеомагнитофонов такая же, как у магнитофонов, — это подготовка передач заранее. На некоторых студиях телевидения до 80% оригинальных передач (не кинофильмов) идет в записи на видеомагнитофон.

Магнитная запись в кино. Современный кинофильм нельзя создать без применения магнитной записи. Поэтому киностудии оснащены рядом специальных звукозаписывающих аппаратов. Интересно, что в отличие от магнитофонов радиостудий магнитофоны, используемые в производстве кинофильмов, рассчитаны на применение *перфорированной магнитной ленты*, которая имеет по краю отверстия, как в киноленте. Это делают потому, что в подобной работе приходится точно согласовывать движение кино и магнитной ленты.

Все кинофильмы выпускаются в наши дни озвученными, т. е. содержат не только кадры изображения, но и фонограмму с записью звука. В создании фонограммы помимо артистов участвует целый ряд специалистов: звукооператор, который руководит записью и перезаписями звука, помощник звукооператора, который устанавливает микрофоны, звукомонтажер, который монтирует отдельные записи.

Сидя в зале кинотеатра и переживая происходящее на экране, вы даже не замечаете искусную работу этих людей. Во время съемки отдельные сцены снимают порознь, часто в разное время, а запись звука ведут на отдельную ленту. Потом, когда составляют фильм, монтируют не только отснятое изображение, но и фонограмму. По условиям съемки, например из-за шума на

съемочной площадке, иногда нельзя одновременно записывать звук. В этом случае его записывают отдельно, уже в студии, и на специальных звукомонтажных установках соединяют с изображением. Если нужно, на этом же этапе в запись вводят «шумы», т. е. запись звуковой обстановки (цокот копыт, гудки паровоза, пение птиц и другие звуки). Эти шумы записывают с натуры или, чаще, их создает искусственно отдельная группа специалистов, которых называют «шумовиками».

Велика роль звукозаписи при дублировании кинофильмов, т. е. переводе звукового сопровождения с одного языка на другой. Иностранный кинофильм разрезают на куски, склеивают каждый кусок в кольцо и в студии без звука проектируют изображение на экран. Артисты, занятые дублированием, глядя на экран, произносят заранее переведенный текст, стараясь согласовать свою речь с движениями артистов на экране. Так по кускам на магнитную ленту записывается новый текст, а потом эта запись монтируется с изображением, печатаются фильмокопии для проката, и вы даже не замечаете подмены.

Бывает и наоборот. К примеру, нужно снять поющего или пляшущего актера. Но певец с подходящими вокальными данными имеет неудачную для кино внешность. В этом случае сначала записывают певца, а затем воспроизводят запись, и другой артист, уже «безголосый», танцует и играет перед кинокамерой в такт с пением. Потом фонограмму монтируют с изображением.

Записи различных шумов теперь широко используют и в театре. Вся музыка «за сценой», выстрелы, колокольный звон, гром и др. звуковые эффекты зрители слышат с магнитофонной записи.

Интересно, что сейчас все шире применяют кинофильмы, в которых запись звука осуществлена не как прежде — фотографическим путем, а на одной или нескольких магнитных дорожках, нанесенных на кинофильм. Так делают, например, широкоформатные фильмы, в которых использован стереозвук. На трех магнитных дорожках размещены записи для громкоговорителей, размещенных соответственно посредине, слева и справа от экрана.

Магнитная запись в любительских условиях. Простота обращения с магнитофоном — неоценимое достоинство для тех, кто не имеет специальной подготовки.

Первое, с чего начинает обычно человек, купивший магнитофон, — это накопление музыкальных записей. Концерты, спектакли, лекции, принимаемые через радиоприемник, трансляционную сеть, телевизор, позволяют в короткое время создать обширную и интересную фонотеку. Если у знакомого имеются граммофонные или магнитофонные записи, представляющие для вас интерес, совсем нетрудно перезаписать их в свой личный фонд.

Несомненным удобством является возможность вести запись через микрофон, благодаря чему скромная квартира легко обращается в студию звукозаписи. Очень интересно бывает записать и сохранить выступления близких, исполнение ими музыкальных произведений, песен, речи на семейных праздниках и многое другое. В некоторых семьях, располагающих магнитофоном, заведена «звуковая книга» почетных посетителей, в которую записывают поздравления, пожелания, серьезные и шуточные приветствия.

Очень любопытно вести периодические записи голосов детей, собирая звуковой альбом, по которому легко заметить, как растет юное существо. Первые страницы — это детский лепет, потом — первые связные слова и фразы, далее — первые стихи и т. д.

Присутствие магнитофона дома — большое удобство. Вот, например, в одно и то же время по телевизору и через приемник идут две разные, одинаково интересные передачи. Можно к приемнику подключить магнитофон и, пока он производит запись, посмотреть телевизионную передачу, а сделанную запись прослушать позже.

Магнитофон удобно использовать для того, чтобы члены семьи, изучающие иностранный язык, могли проверить свое произношение. Известно, что многие, прежде чем выступить с докладом или при защите дипломного проекта, тщательно отрабатывают свою речь, прослушивая дома ее предварительные

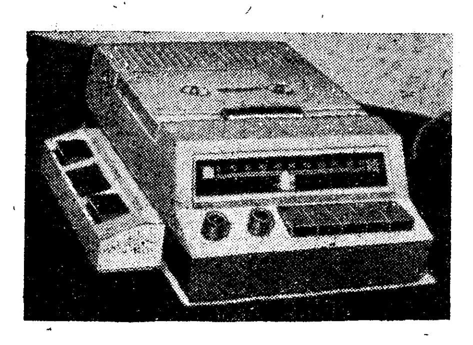


Рис. 1. Диктофон «Дон».

записи, анализируют недостатки, контролируют время выступления.

Сейчас все шире практикуются лекции, передаваемые по телевидению в помощь учащимся различного уровня подготовки. Очень полезно бывает, слушая такую лекцию, одновременно записать ее на магнитную ленту. Тогда, если впоследствии выяснится, что в лекции не все было понятно, можно ее прослушать второй и третий раз, целиком или частично, и выяснить непонятные места.

Владельцы портативных магнитофонов, питающихся от батарей, могут брать такой магнитофон с собой в поход, на экскурсию, в отпуск и не только развлекаться записанной музыкой, но и вести в дороге записи, например, пения птиц, интересных рассказов, репертуара спутников — туристов и т. п.

Наконец, очень много пользы может принести магнитофон тем, кто самостоятельно снимает кинофильмы или делает диапозитивы. Сейчас разработано уже достаточно много приемов озвучения любительских кинофильмов и практически любой такой фильм можно сделать звуковым. Показ же диапозитивов можно сопровождать музыкой или пояснениями, записанными заранее на магнитной ленте, причем имеются магнитофоны, которые в сочетании со специальным диапроектором позволяют автоматически сменять диапозитив по окончании пояснительного текста к нему.

Магнитофон в учреждении. Возможность сразу после записи без какой бы то ни было обработки воспроизводить зафиксированный звук делает магнитофон незаменимым в работе различных учреждений. Правда, это уже не обычный магнитофон, а другое устройство, известное под названием д и к т о ф о н. Диктофон предназначен для записи только речи, т. е. для ограниченного участка диапазона звуковых частот. Но зато в отличие от магнитофона здесь применена сильная автоматическая регулировка усиления, и громкость записи в определенных пределах не зависит от расстояния между микрофоном и источником звука. Кроме того, в диктофоне обычно предусматривается управление движением ленты от педали, возможность подключения к телефонной сети и ряд других особенностей.

Диктофон позволяет руководителю сделать запись распоряжения, письма или доклада, которые потом его секретарь имеет возможность напечатать на пишущей машинке, прослушивая запись с остановками (для этого и нужно педальное управление). Используя диктофон, можно получить подробный протокол заседания без помощи стенографистки или подробную запись делового разговора, даже если последний происходит по телефону.

Существуют сложные автоматические диктофоны, которые в отсутствие владельца отвечают заранее записанной фразой на телефонный вызов, после чего осуществляют запись того, что пожелает сказать лицо, звонящее по телефону.

В диктофонах часто запись осуществляется не на магнитную ленту, а на гибкий диск, покрытый магнитным порошковым слоем. Такой диск после записи, например, делового разговора, если нужно, можно снять и сохранить, чтобы впоследствии перед предстоящими переговорами прослушать его и вспомнить уже забытые подробности.

Особую область применения магнитной записи представляют бумажные деловые документы с магнитным слоем или магнитными пометками.

В банках, сберкассах и т. п. учреждениях, где приходится иметь дело с различными записями финансового состояния счетов отдельных лиц или организаций, применяют документы, бланки которых с оборотной стороны имеют полосы, напечатанные магнитной краской. При выполнении очередной операции такой бланк вставляют в щель специальной бухгалтерской машины

Рис. 2. Шрифт СМС-7, выполняемый магнитной краской. Воспроизведение осуществляется в направлении стрелки одной магнитной головкой после намагничения краски.

(она напоминает кассовый аппарат) и, набрав на клавишах нужные цифры и вид операций, пускают машину в ход. Машина автоматически производит вычисление и результат его (итог счета) записывает на магнитный слой документа. В следующий раз достаточно вставить такой документ в прорезь бухгалтерской машины, чтобы она сама «прочла» предыдущий итог и подготовилась к выполнению операции занесения на счет или снятия со счета нужной суммы.

За рубежом в некоторых магазинах без продавца покупателю при входе вручают картонную карточку, разделенную на клетки. Набрав покупки, покупатель подходит к контролеру. Последний перечеркивает те клетки, которые соответствуют набранным товарам, специальным карандашом, в грифеле которого содержатся магнитные частицы. Далее эта карточка вставляется в кассовый аппарат, который намагничивает сделанные пометки и образует таким образом магнитную запись, воспроизводит ее, высчитывает стоимость и общую сумму покупок; эту сумму покупатель оплачивает кассиру.

Магнитная запись не видна, и это создает известные затруднения для зрительного чтения финансовых документов. Подобный недостаток устраняется, если применить специально разработанный шрифт, отпечатываемый с помощью магнитной краски, которая переносится с ленты, напоминающей ленту пишущих машинок. Текст (буквы и цифры), отпечатанный таким шрифтом, очень хорошо читается даже при беглом взгляде, но так же хорошо воспроизводится магнитной головкой, на выходе которой получается напряжение, форма которого для каждого знака шрифта будет различной. Это позволяет автоматическим устройствам легко распознавать знаки и использовать полученную информацию в различных электронных счетных приборах и машинах.

Магнитная запись в сфере исследований, промышленности и планирования. Неоценимые услуги оказывает магнитная запись в деле накопления цифровой информации, с огромными массивами которой приходится иметь дело в научной работе, промышленности и планировании.

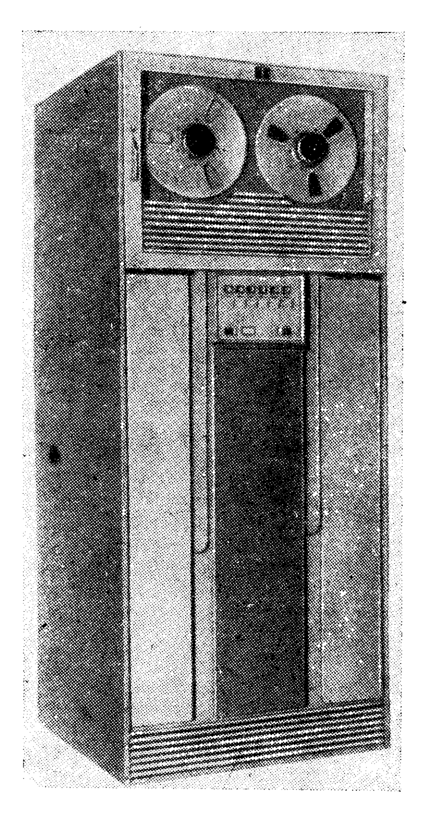


Рис. 3. Аппарат для магнитной записи числовой информации, используемый в электронной вычислительной машине.

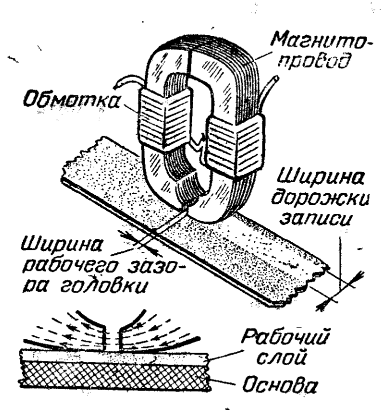


Рис. 4. Поле магнитной головки.

Электронные вычислительные машины, без которых не может обойтись сейчас ни одно серьезное исследование, обязательной своей частью имеют «внешнюю память» — ряд аппаратов магнитной записи, специально предназначенных для хранения чисел, представляющих исходные, промежуточные или окончательные данные ведущегося расчета. В этих аппаратах применяется лента шириной 12,5 *мм* и девятидорожечная запись, а на одном рулоне такой ленты длиной 730 *м* можно уместить запись 200 миллионов двоичных знаков.

Электронные вычислительные машины с их «магнитной памятью» широко применяются для управления производственными процессами, всем производством и даже целой отраслью. Чем больше объем материальных ценностей, участвующих в производстве, чем больше работников занято в нем, тем более сложные задачи приходится решать при управлении. В «магнитной памяти» в этих случаях хранят сведения о том, какие товары введены в производство, на каких этапах обработки они находятся, как загружены отдельные участки и т. д. В этой же памяти находятся различные нормативы, таблицы, правила расчетов (алгоритмы) и даже адреса потребителей, используемые для автоматической подготовки документов на отправку готовой продукции.

В производственных процессах магнитная запись используется в специальных станках, получивших название станков с программным управлением. Отдельные рабочие органы таких станков управляются электродвигателями, скорость и последовательность включения которых определяются командами, записанными на магнитной ленте. Человеку неискушенному это кажется чудом: сменил магнитную ленту, и станок вместо одной детали «сам» делает совсем другую.

Принцип магнитной звукозаписи. При магнитной записи носителем записи является м а г н и т н а я л е н т а. Она состоит из основы — триацетатной или лавсановой пленки, на которую нанесен рабочий слой. Главной составной частью рабочего слоя является магнитный порошок гамма-окиси железа. Для звукозаписи применяют в основном ленту шириной 6,25 *мм*, хотя теперь стали выпускать так называемые кассетные магнитофоны с лентой шириной всего 3,81 *мм*. В кино используют перфорированную магнитную ленту шириной 16 *мм*, 32 *мм*, 35 *мм*, 70 *мм*.

Основа ленты определяет ее механические свойства, например прочность на разрыв, а рабочий слой — электроакустические свойства. Чем толще основа ленты, тем, естественно, больше ее прочность, но тем меньшее количество ленты умещается на катушке.

Первоначально были распространены только ленты с общей толщиной 55 *мкм* (микрометр, иначе называемый микроном, равен 1/1000 *мм*); теперь получают распространение ленты толщиной 37, 27 и 18 *мкм*. Так как длительность записи на одной катушке зависит от длины ленты, которая на ней намотана, то часто ленту толщиной 37 *мкм* называют лентой полуторной длительности звучания, ленту 27 *мкм* — двойной длительности, а 18 *мкм* — тройной длительности. Толщину ленты можно определить обычным микрометром или даже штангенциркулем; при измерении ленту складывают в несколько слоев, измеряют суммарную толщину и последнюю делят на число слоев.

Из лент отечественного производства ленты типов 2 и 6 имеют толщину 55 *мкм*, лента типа 10—37 *мкм*.

В процессе записи магнитную ленту протягивают по записывающей магнитной головке, которая содержит кольцевой сердечник с очень узким рабочим зазором. Сердечник выполнен из материала с высокой магнитной про-

ницаемостью и снабжен обмоткой. Когда по обмотке пропускают ток, в сердечнике головки образуется магнитное поле, важной особенностью которого является то, что оно выходит за пределы сердечника только в районе зазора. Именно в этом месте головка соприкасается с лентой и намагничивает ее рабочий слой.

Таблица 1

Размеры и емкость стандартных катушек

Номер катушки	Диаметр, *мм*		Длина ленты, помещающейся на катушке, *м*, при толщине ленты, *мкм*			
	Внешний	Внутренний	55	37	27	18
7,5	75	35	50	75	90	135
10	100	35	100	150	180	270
13	127	45	180	270	360	540
15	147	50	250	375	500	750
18	178	60	350	525	700	1 050
22	220	90	500	750	1 000	1 500
25	250	100	700	1 050	1 400	2 100

У современных магнитных головок ширина рабочего зазора составляет несколько микрон.

Магнитная записывающая головка оставляет на движущейся ленте намагниченный след — дорожку записи, ширина которой приблизительно равна ширине сердечника.

Воспроизводит запись воспроизводящая головка, в принципе не отличающаяся по конструкции от записывающей. Магнитный поток с отдельных участков дорожки записи в те моменты, когда они оказываются перед зазором воспроизводящей головки, проникает в сердечник последней и наводят в обмотке головки э. д. с.

Нужно учитывать, что э. д. с., наведенная в обмотке воспроизводящей головки, как и всякая э. д. с. индукции, прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока, пронизывающего обмотку. При более высокой частоте воспроизводимого сигнала скорость изменения больше, чем при низкой, поэтому э. д. с. воспроизводящей головки возрастает прямо пропорционально частоте, если амплитуда потока в ее сердечнике остается неизменной.

Таблица 2

Время записи и воспроизведения одной дорожки, *мин*

Длина ленты, *м*	Скорость, *см/сек*		
	19,05	9,53	4,76
50	4,5	9	18
100	9	18	36
180	15	30	60
250	22	45	90
350	30	60	120
500	45	90	180
700	60	120	240
1 000	90	180	300
1 500	135	270	540

Последнее условие фактически не соблюдается из-за различных потерь при записи на высоких частотах и саморазмагничивания фонограммы. В результате частотная характеристика записи-воспроизведения получается очень неравномерной и ее приходится корректировать на разных участках канала от входа магнитофона до его выхода. На рис. 5 показаны примерные частотные характеристики для отдельных участков этого канала.

На графике *а* показана примерно равномерная частотная характеристика поступающих сигналов. Для компенсации части потерь на высоких частотах

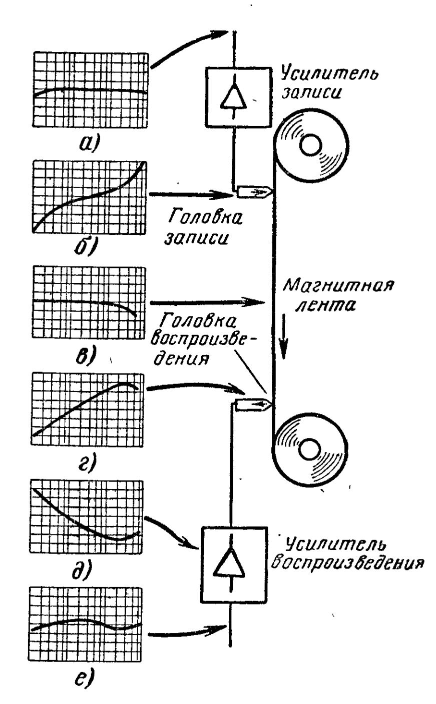


Рис. 5. Частотные характеристики отдельных участков канала магнитной записи — воспроизведения звука.

усилитель записи должен иметь частотную характеристику *б*, показывающую зависимость тока в магнитной головке от частоты.

Частотная характеристика остаточного магнитного потока ленты *в* имеет все же некоторый спад на верхних частотах; из-за этого э. д. с. воспроизводящей головки (характеристика *г*) возрастает не непрерывно, по мере повышения частоты, а имеет на некоторой частоте максимум.

Учитывая сказанное, форму частотной характеристики усилителя воспроизведения *д* приходится делать такой, чтобы в сумме с характеристикой *г* получить почти равномерное воспроизведение во всей полосе частот на выходе (характеристика *е*).

Сравнивая характеристики *а* и *е*, легко увидеть, что благодаря предпринимаемым мерам частотные искажения в итоге сравнительно невелики.

До сих пор мы не рассматривали одной очень важной детали магнитной записи — наличия высокочастотного подмагничивания, без которого невозможно получить высокое качество звучания. Особенность процесса намагничивания любого магнитного материала, в том числе и магнитной ленты, состоит в том, что остаточная намагниченность не пропорциональна напряженности намагничивающего поля. Поэтому, например, при записи синусоидального сигнала намагниченность фонограммы резко отличается от синусоидальной — возникают значительные нелинейные искажения.

Неискаженную запись удается получить, если к току сигнала, подлежащего записи, подмешать ток высокочастотного подмагничивания. Частота этого тока должна быть в несколько раз выше максимальной частоты, подлежащей записи, обычно 40—80 *кгц*. В результате весьма сложных процессов, происходящих при наличии тока высокочастотного подмагничивания, характеристика намагничивания становится более линейной и искажения уменьшаются до приемлемой величины.

Высокочастотный ток используется также для размагничивания ленты. Перед тем как попасть на записывающую головку, лента проходит по стирающей головке, питаемой током высокой частоты от того же генератора, который вырабатывает и ток подмагничивания. В результате с ленты удаляются следы старой записи, если такие были, и лента оказывается подготовленной к новой записи.

Механика магнитофона. Для осуществления магнитной записи и воспроизведения необходимо обеспечить непрерывное движение магнитной ленты; это движение получается в результате работы лентопротяжного механизма, причем во всех магнитофонах источником механической энергии служат один или несколько электродвигателей, хотя принципиально двигатель может быть пружинным или любым иным, например пневматическим.

Для того чтобы при воспроизведении не происходило изменения частоты записанного сигнала, нужно, чтобы скорость движения ленты при воспроизведении была точно такой же, как и при записи. Если скорость при записи менялась по некоторому закону, для неискаженного воспроизведения требу-

ется, чтобы эта скорость менялась по тому же закону. Практически принято работать с неизменной скоростью движения ленты, которая должна иметь одно из стандартных значений, чтобы запись, сделанную на одном магнитофоне, можно было без искажений воспроизвести на другом.

Сейчас в соответствии с ГОСТ 12392-66 приняты следующие скорости магнитной ленты: 381; 190,5; 95,3; 47,6 и 23,8 *мм/сек*. Скорость эта должна выдерживаться достаточно точно, в пределах ±2% для подавляющего большинства бытовых магнитофонов и до ±0,5% — для лучших профессиональных.

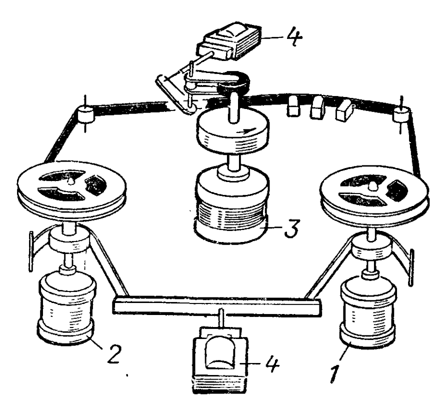


Рис. 6. Кинематическая схема устройства лентопротяжного механизма магнитофона.

1 — подающий узел; *2* — приемный узел; *3* — узел ведущего вала; *4* — электромагниты.

Рассматривая вопрос о скорости магнитной ленты, необходимо упомянуть об одном неприятном для слуха явлении, называемом д е т о н а ц и е й. Детонация вызывается небольшими периодическими (с частотой от 0,2 до 200 *гц*) колебаниями скорости ленты и проявляется в своеобразном дрожании, вибрации звука. Для того чтобы детонация не была заметна на слух, требуется, чтобы колебания скорости были не больше десятых долей процента. Такое высокое постоянство скорости достигается применением в лентопротяжном механизме механических фильтров, в простейшем случае — маховиков.

В лентопротяжном механизме движение ленте передается от ведущего вала, приводимого во вращение от двигателя. Ведущий вал должен быть изготовлен очень точно. При малейшем его биении появляется детонация звука. Для уменьшения детонации на ведущем валу закрепляется массивный маховик. Для хорошего сцепления магнитной ленты с ведущим валом она прижимается к нему во время записи или воспроизведения обрезиненным роликом, который называют п р и ж и м н ы м.

На рис. 6 схематически показан трехмоторный лентопротяжный механизм, типичный для полупрофессионального магнитофона. Нужное постоянство скорости ленты обеспечивается ведущим электродвигателем, на валу которого закреплены маховик и ведущий вал. Лента, которую тянет этот вал, последовательно проходит по стирающей, записывающей и воспроизводящей магнитным головкам. Пройдя ведущий вал, лента, обогнув направляющий ролик, попадает на приемную катушку, которая приводится во вращение отдельным электродвигателем. Последний должен работать в таком режиме, чтобы лента плотно наматывалась на катушку, но не изменяла скорости вращения ведущего вала. Обычно в режиме подмотки двигатель приемного узла работает при пониженном напряжении. Другая катушка, с которой лента сматывается, расположена на валу другого электродвигателя, который входит в состав подающего узла и имеет в режиме записи и воспроизведения назначение подтормаживать катушку, чтобы лента, проходящая по магнитным головкам, была достаточно хорошо натянута. С этой целью на электродвигатель подающего узла подается небольшое напряжение, заставляющее двигатель не очень сильно тянуть ленту в направлении, противоположном ее движению.

Помимо режима записи и воспроизведения лентопротяжный механизм должен обеспечивать для поиска нужной записи в катушке быструю перемотку ленты вперед и назад. В этих режимах лента уже не прижимается к ведущему валу и магнитным головкам, а на электродвигатель приемного или, соответственно, подающего узла подается полное напряжение.

При остановке движения магнитной ленты все электродвигатели выключаются и возникает опасность, что приемный и подающий узлы с катушками

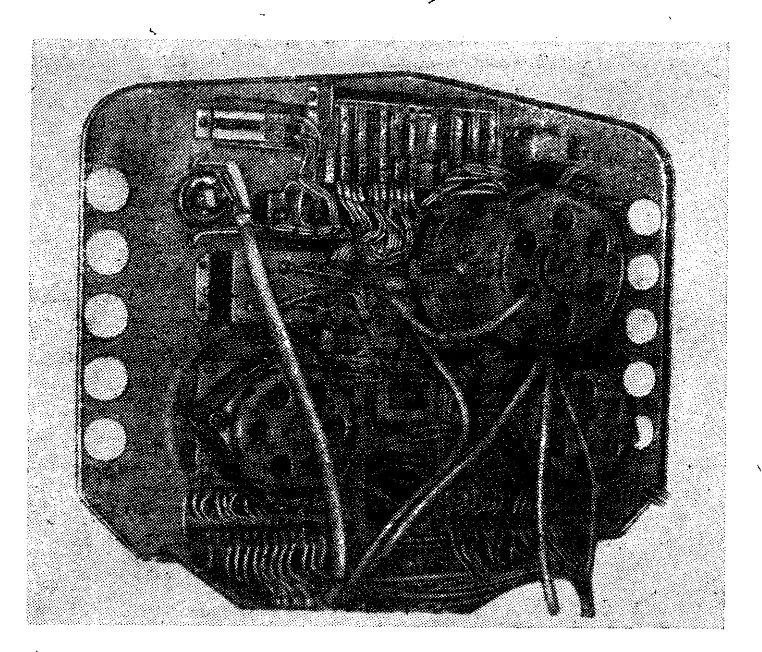


Рис. 7. Вид оборотной стороны панели лентопротяжного механизма с тремя двигателями (магнитофон «Тембр»).

будут некоторое время продолжать вращаться по инерции, дергать и даже рвать ленту. Для устранения такой опасности приемный и подающий узлы оборудованы ленточными тормозами, которые при остановке ленты автоматически включаются электромагнитом.

Трехмоторные лентопротяжные механизмы отличаются простотой устройства (рис. 7), но всегда имеют сравнительно большой вес и стоимость. Электродвигатели приемного и подающего узлов должны иметь «мягкие» характеристики, т. е. их вращающий момент должен увеличиваться при уменьшении числа оборотов, тогда как ведущий узел должен приводиться во вращение электродвигателем с возможно более «жесткой» характеристикой, число оборотов которого по возможности не должно меняться при изменении нагрузки.

В большинстве бытовых магнитофонов применяют лентопротяжные механизмы с одним, реже с двумя электродвигателями. Второй двигатель используют либо для быстрой перемотки (например, в магнитофоне «Комета»), либо для привода подающего и приемного узлов, чтобы разгрузить ведущий узел и облегчить поддержание постоянства оборотов ведущего вала.

Так как в бытовых магнитофонах выбирают относительно малую скорость ленты, ведущий вал нет возможности приводить во вращение непосредственно от электродвигателя. Так, при скорости ленты 9,53 *см/сек* и скорости двигателя 1 500 *об/мин* диаметр ведущего вала был бы всего лишь около 1 *мм*! Такой вал трудно точно изготовить, его легко погнуть. Приходится применять замедляющую передачу.

На рис. 8 показано несколько видов таких передач. Наиболее простой является ременная передача, показанная на рис. 8, *а*. В качестве ремня применяется резиновый пассик круглого сечения, отлитый для большей равномерности движения без спаек. В последнее время получают распространение более долговечные плоские ремешки из стеклопластика или искусственных смол.

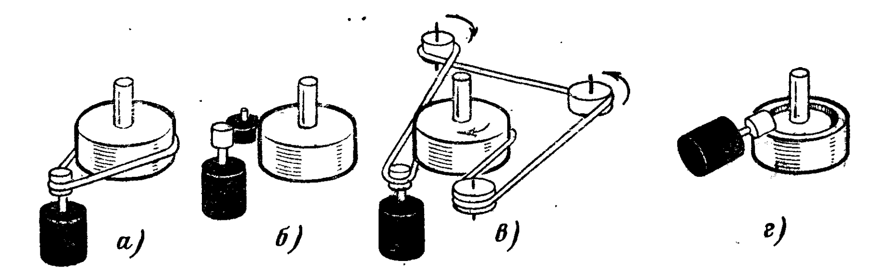


Рис. 8. Способы передачи вращения от двигателя на ведущий вал.

а — ременная передача; *б* — фрикционная передача; *в* — привод трех узлов одним ремнем; *г* — угловая фрикционная передача.

Другим видом является фрикционная передача (рис. 8, *б*), использующая в качестве элемента связи обрезиненный промежуточный ролик. Для хорошей работы ролик должен иметь очень правильную форму и плотно прижиматься к поверхностям, между которыми осуществляется передача вращения.

В наиболее дешевых магнитофонах один ремень используют для привода всех узлов, для чего берут более длинный ремень и заставляют его обегать все шкивы, подлежащие вращению (рис. 8, *в*). Большая длина ремня служит причиной повышенной детонации и, кроме того, изменение нагрузки на приемном и подающем узлах через общий ремень передается на ведущий вал, что вредно сказывается на равномерности хода последнего. В переносных магнитофонах находит применение угловая фрикционная передача (рис. 8, *г*).

При конструировании подающего и особенно приемного узлов одномоторного лентопротяжного механизма конструкторам приходится проявлять много изобретательности. В самом деле, деталь приемного узла, связанная с единственным электродвигателем, может вращаться только равномерно. Катушка же, например, приемного узла должна вращаться неравномерно: сначала, когда на ней мало ленты, — быстро, а по мере заполнения — все медленнее, причем так, чтобы лента была все время натянута.

Наиболее распространенная конструкция приемного узла, в которую заложена идея автоматической регулировки, изображена на рис. 9, *а*. На неподвижной оси *1* установлен шкив *2*, который непрерывно вращается от электродвигателя, общего для всего магнитофона. На этой же оси свободно вращается подкатушник *3*, на котором установлена катушка с лентой. Подкатушник снабжен фетровым кольцом *4*. Чем больше на катушке ленты, тем больше плечо, на котором действует усилие наматываемой ленты, тем большее требуется усилие для вращения катушки. Но более полная катушка имеет больший вес, сильнее сжимает между собой детали *3* и *2*, и усилие, передаваемое через фетровое кольцо, тоже возрастает. При правильном расчете такая конструкция обеспечивает почти неизменное натяжение ленты при любом заполнении катушки.

Для ускоренной перемотки ленты детали *3* и *2* необходимо жестко сцепить между собой. С этой целью к их боковой поверхности прижимается обрезиненный ролик *5*. Катушка с лентой при этом начинает вращаться с максимально возможной скоростью.

Несколько иначе устроен приемный узел, изображенный на рис. 9, *б*. Здесь также деталь *3*, имеющая войлочную прокладку *4* и жестко закрепленная винтами на оси *1*, входит в сцепление с непрерывно вращающимся шкивом *5*, причем величина сцепления, как и в предыдущей конструкции, зависит от веса катушки с лентой. Когда требуется быстрая перемотка, трос, связанный с соответствующей клавишей, тянет за край планки *7*, которая своим выступом в середине так сжимает детали *3* и *5*, что взаимное проскальзывание их прекращается.

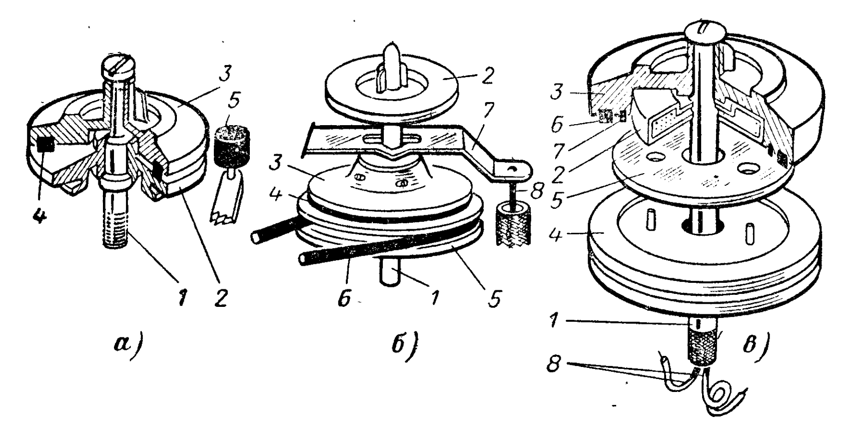


Рис. 9. Конструкции приемного узла.

Наиболее сложно устроен приемный узел, содержащий электромагнитную муфту. Его конструкция в искусственно растянутом виде показана на рис. 9, *в*. На неподвижной полой оси *1* неподвижно закреплена катушка муфты *2*. Над ней свободно может вращаться стальной подкатушник *3*, а под ней — шкив *4*, на который осуществляется привод ремешком круглого сечения. В углублении шкива *4* свободно лежит мембрана *5* из магнитного материала, которая не может поворачиваться относительно шкива, так как своими отверстиями свободно насажена на шпильки шкива. Ток к катушке *2* подводится проводами *8*, проходящими внутри оси. В режиме записи или воспроизведения между шкивом *4* и подкатушником через фетровое кольцо *6* происходит передача движения с проскальзыванием, как это было в предыдущих конструкциях. Для быстрой перемотки в катушку включают ток; при этом деталь *3* становится сердечником электромагнита, сильно притягивает вверх мембрану *5*, которая прижимается к резиновому кольцу *7*, оставаясь в сцеплении со шпильками шкива *4*, и движение передается без проскальзывания.

Конструкция подающего узла обычно мало отличается от конструкции приемного, только вращение шкива происходит в обратную сторону. При быстрой перемотке фетровое кольцо на узле, с которого производится сматывание ленты, благодаря возникающим силам трения обеспечивает необходимое подтормаживание. Часто в конструкции магнитофона с одним двигателем предусматривают ленточные или колодочные тормоза, действующие на подкатушники в положении «стоп».

На рис. 10 приведены кинематические схемы лентопротяжных механизмов трех распространенных магнитофонов «Яуза-5», «Комета (МГ-201)» и «Чайка М».

Магнитные головки. Профессиональные и лучшие бытовые магнитофоны имеют три головки: стирающую, записывающую и воспроизводящую. Стирающая головка имеет наибольшую ширину сердечника для того, чтобы наверняка стереть запись даже в случае, если записывающая головка установлена немного неточно. Рабочий зазор стирающей головки сравнительно широк (100—200 *мкм*). Сердечник часто выполняют из феррита. Записывающая головка имеет размеры сердечника примерно такие же, как и воспроизводящая, но число витков обмотки обычно меньше. Головка воспроизведения делается с большим числом витков, чтобы получить возможно большую э. д. с.

В более простых и дешевых бытовых магнитофонах в целях экономии раздельные головки записи и воспроизведения заменяют одной, универсальной, и в зависимости от режима работы магнитофона включают ее либо на вход усилителя (воспроизведение), либо на выход (запись).

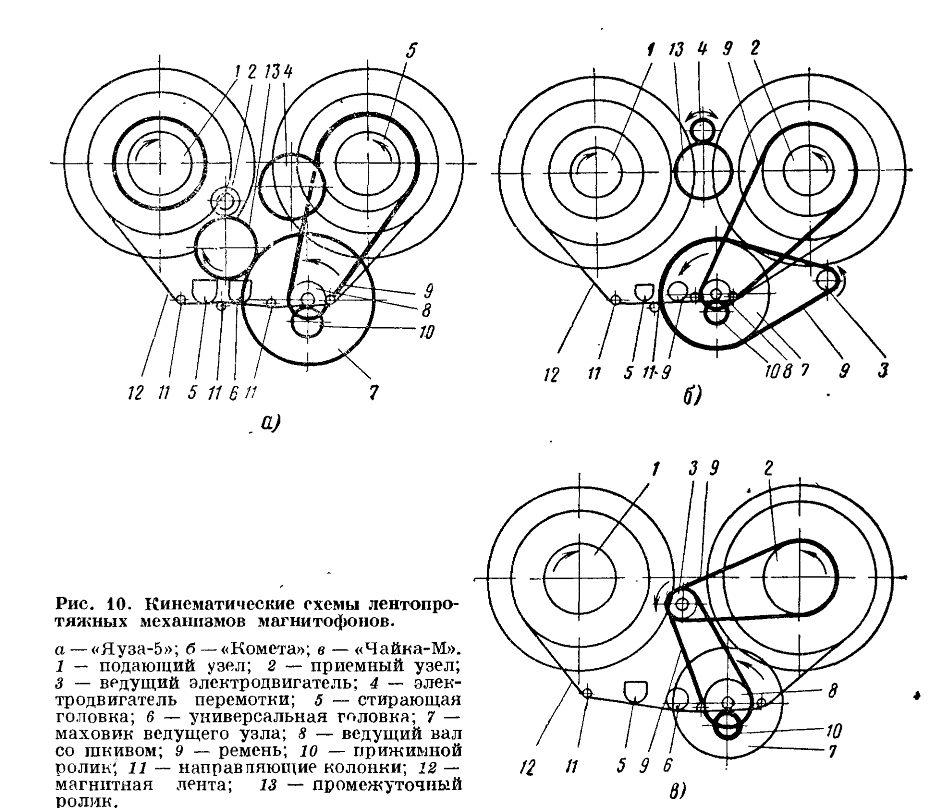


Рис. 10. Кинематические схемы лентопротяжных механизмов магнитофонов.

а — «Яуза-5»; *б* — «Комета»; *в* — «Чайка-М». *1* — подающий узел; *2* — приемный узел; *3* — ведущий электродвигатель; *4* — электродвигатель перемотки; *5* — стирающая головка; *6* — универсальная головка; *7* — маховик ведущего узла; *8* — ведущий вал со шкивом; *9* — ремень; *10* — прижимной ролик; *11* — направляющие колонки; *12* — магнитная лента; *13* — промежуточный ролик.

Сердечник головки набирается из листочков материала, носящего название пермаллой. Этот материал, если его определенным образом отжечь, обладает очень высокой магнитной проницаемостью. Для получения в головке рабочего зазора между половинками сердечника закладывают полоску фольги из фосфористой бронзы, обладающей таким же сопротивлением истиранию, как и сам сердечник.

Очень важно, чтобы магнитные головки были установлены правильно. Если запись произведена при одной установке головки, а воспроизведение осуществляется при другой, то звук получится искаженным, глухим, словно прошедшим через вату, будут потеряны верхние частоты записанного звука. Если перекошена универсальная головка, то свою запись она воспроизведет без искажений, но плохим будет воспроизведение этой записи на другом магнитофоне. Кроме того, перекошенная головка будет плохо воспроизводить запись, сделанную на другом магнитофоне.

Для регулировки наклона головки предусмотрена ее установка на юстировочной площадке, положение которой регулируется винтом. Этот винт не разрешается трогать во время эксплуатации магнитофона, так как головка на заводе устанавливается в правильное положение по специальной измерительной ленте. Иногда на юстировочной площадке предусмотрен и второй винт, регулирующий высоту положения головки. Регулировка по высоте особенно важна при двух- или четырехдорожечной фонограмме (рис. 11, *ж* и *з*). Для перехода с дорожки на дорожку существуют два способа. При первом вместо, например, одной универсальной головки применяют б л о к из двух, расположенных одна над другой головок, которые можно переключать, а в лен-

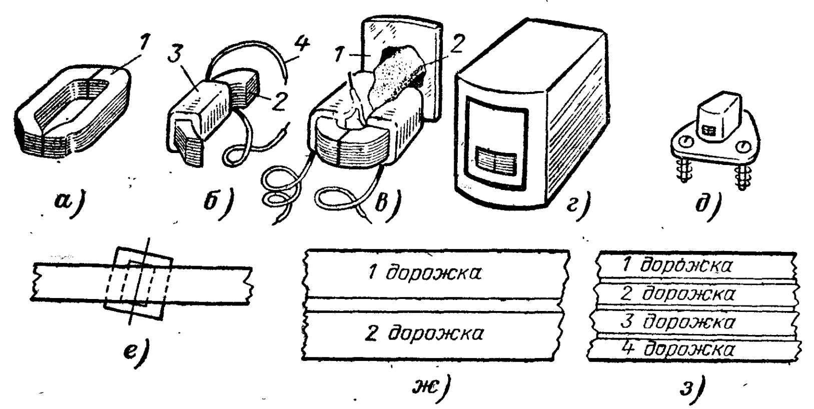


Рис. 11. Магнитная головка.

а — сердечник головки; *б* — половинка сердечника с обмоткой; *в* — сердечник с обмоткой закреплен смолой на экране; *г* — головка в сборе; *д* — головка на юстировочной площадке; *е* — перекос головки; *ж* — расположение двух дорожек записи на ленте; *з* — расположение четырех дорожек записи на ленте.

топротяжном механизме можно изменять направление рабочего хода ленты. При втором способе двухдорожечную фонограмму можно записать одной головкой. Сначала записывают первую дорожку, затем катушки с лентой переворачивают и меняют местами.

Размещение на одной магнитной ленте двух или четырех дорожек позволяет экономить ленту. Кроме того, две, а тем более четыре дорожки позволяют осуществлять стереофоническую запись, при которой удается звучание сделать «объемным».

При относительно малых скоростях, свойственных современным бытовым магнитофонам, простой прижим ленты к головке, созданный продольным натяжением ленты, оказывается часто недостаточным. Для увеличения прижима в конструкцию лентопротяжного механизма добавляют пружинный рычаг с фетровой подушечкой; в режиме записи или воспроизведения рычаг поворачивается и фетровой подушечкой плотно прижимает ленту к рабочему зазору головки. Если этот прижим почему-либо выходит из строя, нормальные условия записи и воспроизведения нарушаются и звук становится слабым, глухим, лишенным высоких частот.

Магнитные головки, загрязненные от долгого употребления, нужно очищать спичкой и протирать суконкой, смоченной спиртом или ацетоном.

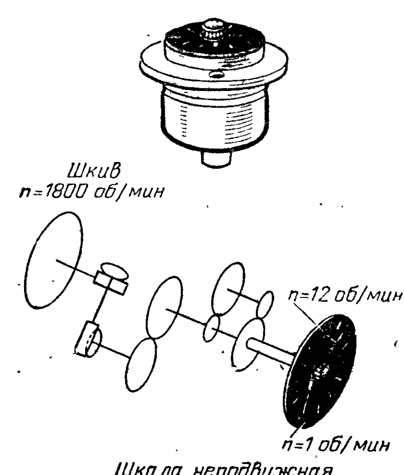
Вспомогательные устройства магнитофона. Современные бытовые магнитофоны помимо основных узлов оборудуются рядом вспомогательных.

Первым из таких узлов, имеющимся во всех магнитофонах, является и н д и к а т о р у р о в н я з а п и с и. Этот прибор позволяет так выбрать уровень сигнала, чтобы, с одной стороны, он в достаточной степени превышал уровень помех, а с другой — не превышал значения, выше которого начинаются искажения.

В большинстве ламповых магнитофонов индикатором служит лампа, разработанная первоначально в качестве индикатора точности настройки радиоприемников. На светящемся экране такой лампы (например, 6Е1П) имеется темный сектор, раскрытие которого обратно пропорционально величине напряжения, поданного на вход.

В батарейных магнитофонах в качестве индикатора уровня обычно используют миниатюрный стрелочный измерительный прибор.

Другим вспомогательным устройством, которым снабжают далеко не все магнитофоны, является счетчик метража. Он служит для отыскания нужной записи на ленте и дает много удобств в эксплуатации.



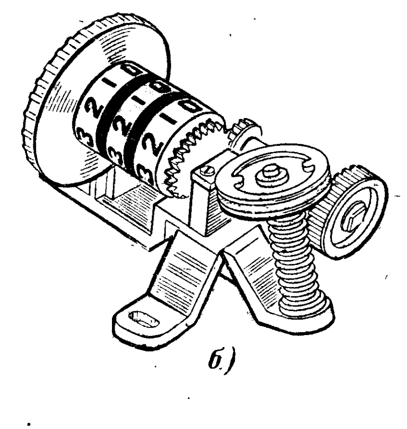


Рис. 12. Счетчик метража ленты.
а — стрелочный; *б* — барабанный.

Простейший счетчик количества прошедшей ленты представляет собой шкалу на фальшпанели магнитофона, нанесенную под катушкой или на самой катушке. Край рулона ленты, намотанной на катушку, по этой шкале позволяет судить ориентировочно о том, какая часть ленты уже воспроизведена или записана; естественно, что точность оценки весьма низка.

Более точный результат можно получить, применяя стрелочный или барабанный счетчик (рис. 12), привод которого осуществляется либо самой магнитной лентой, вращающей входной шкив счетчика, либо ременной передачей от приемного узла. Точность счетчика с приводом от ленты несколько меньше вследствие неизбежного проскальзывания ленты по шкиву; впрочем, и второй вариант решения задачи отсчета количества перемотанной ленты не дает особенно хороших результатов, так как на измерении сказывается плотность намотки ленты, а она часто изменяется от случайных причин.

Наиболее совершенным является иной способ, не находящий пока применения в промышленных моделях и встречающийся только в любительских конструкциях. Способ заключается в фиксации на магнитной ленте между отдельными записями служебных сигналов. В процессе поиска нужной записи она быстро перематывается, а воспроизводимые при этом служебные сигналы анализируются специальной схемой, которая, найдя требуемую отметку, вырабатывает команду на остановку перемотки. При этом способе фактически нет счетчика метража, а есть счетчик записей.

Электронная схема магнитофона. Из разбора принципа магнитной записи очевидно, что обязательные составные части магнитофона следующие.

1. Усилитель записи. Осуществляет усиление записываемого сигнала до уровня, нужного для магнитной головки. Имеет частотную характеристику с подъемом на высоких частотах.

2. Усилитель воспроизведения. Осуществляет усиление сигнала с выхода воспроизводящей магнитной головки до мощности, необходимой для громкоговорителя. Его частотная характеристика должна иметь определенную форму для коррекции частотной характеристики всего канала записи-воспроизведения.

3. Генератор напряжения высокой частоты, которое используется для стирания и подмагничивания во время записи.

Помимо этого в магнитофонах с электропитанием от сети переменного тока предусматривается еще выпрямитель, вырабатывающий постоянный ток для питания усилителей и генератора.

В бытовых магнитофонах в целях экономии чаще всего вместо двух усилителей используется один универсальный, параметры которого изменяются в зависимости от того, используют ли его для записи или воспроизведения. Это изменение осуществляется, например, изменением цепи отрицательной обратной связи между каскадами усилителя.

Входные цепи магнитофона обычно рассчитаны на работу от источников сигналов трех видов:

1) микрофона, который дает среднее напряжение от 2 до 3 *мв*;

2) звукоснимателя, развивающего напряжение 100—300 *мв*;

3) радиоприемника, другого магнитофона, телевизора или трансляционной сети. Здесь предполагается наличие напряжения около 3—15 *в*.

В большинстве магнитофонов фактически имеется всего один чувствительный вход, а напряжение с большей амплитудой ослабляется посредством простейших резистивных делителей.

В некоторых бытовых магнитофонах на входе имеется микшер — устройство, позволяющее смешивать в нужной пропорции сигналы от нескольких источников, например от двух микрофонов или микрофона и проигрывателя пластинок.

Выходные цепи магнитофона в основном рассчитаны на его собственную акустическую систему (в простейшем случае — один динамический громкоговоритель), при этом во многих моделях магнитофонов предусмотрена возможность отключения внутренних громкоговорителей; такое отключение бывает удобно для некоторых видов работы. Часто выводятся гнезда для подключения дополнительного громкоговорителя. В последние годы все чаще в магнитофонах предусматривают так называемый «линейный» выход, т. е. выход, на который подается напряжение, взятое до оконечного мощного усилителя. Сигнал с линейного выхода маломощен, но достаточен для того, чтобы «раскачать» другой магнитофон или внешний усилитель, а искажен он меньше, чем сигнал на громкоговорителе магнитофона.

Работа с магнитофоном. Приобретя или получив в свое распоряжение магнитофон, рекомендуется, не включая его, внимательно прочитать инструкцию, разобраться в расположении рукояток, клавиш, гнезд, проверить правильность установки колодки переключения напряжения питания. Только после этого магнитофон можно включать.

Магнитофон должен быть установлен так, чтобы с ним было удобно работать и чтобы были обеспечены хорошие условия вентиляции. В большинстве моделей магнитофонов отвод тепла, выделяющегося на двигателях и других деталях, осуществляется воздухом, поступающим через поддон. Поэтому магнитофон нельзя ставить на мягкую мебель или толстую скатерть, закрывая этим доступ воздуха снизу.

Запись с проигрывателя. Технику записи лучше всего осваивать, начиная с перезаписывания грампластинок. Пластинка как источник сигнала удобна в том отношении, что ее сигнал можно воспроизводить столько раз, сколько требуется для освоения техники записи. При каждом воспроизведении от пластинки будет получаться один и тот же сигнал, что позволяет осуществлять сравнительную оценку результатов.

Для перезаписи на магнитофон удобнее использовать долгоиграющие пластинки. По сравнению с другими они имеют более широкий диапазон частот и «шипение» иглы прослушивается значительно меньше. Естественно, что для перезаписи нужно использовать вполне исправный проигрыватель со звукоснимателем, не вносящим заметных на слух искажений. Пластинки не должны быть «затертыми» и загрязненными. Пыль в канавках пластинки вызывает существенное увеличение шумов. Перед проигрыванием пластинка должна быть очищена от пыли специальной бархатной щеточкой. Последнюю прижимают к вращающейся пластинке и, собрав пыль, в стороне от пластинки щелчком стряхивают. Эту процедуру нужно повторять до тех пор, пока на бархате не будет больше появляться следов пыли.

Теперь можно собрать установку для перезаписи (рис. 13). Вилки шнуров питания проигрывателя и магнитофона нужно включить в сеть, шнур звукоснимателя присоединить на вход магнитофона с надписью «звукосниматель».

Включив питание обоих приборов и выждав, пока прогреются лампы (в транзисторных магнитофонах этого не нужно), ставят органы управления магнитофона в положение «запись»; теперь, не включая пока движения магнитной ленты, осторожно опускают иглу звукоснимателя на пластинку и по индикатору регулировкой усиления подбирают нужный уровень записи.

Уровень записи на пластинке непрерывно изменяется. Подбирая положение рукоятки регулировки усиления в магнитофоне, нужно добиться, чтобы на самых громких местах записи, на выкриках, не происходило перегрузки. После того как установлен уровень записи, иглу звукоснимателя возвращают к началу пластинки, включают движение магнитной ленты и производят перезапись. По завершении ее нужно отмотать магнитную ленту в исходное положение, переключить магнитофон на воспроизведение[1] и прослушать сделанную запись, внимательно вслушиваясь в звучание на самых громких и самых тихих местах, а также в звучание ударных инструментов. В тихих местах звучание должно быть ясным, разборчивым, без излишних шумов. Если шумы слишком заметны и в этом не виновата пластинка, значит, уровень записи был взят слишком малым. Искажения, проявляющиеся на выкриках, на звучании ударных или при произнесении звука «с» (например, в слове «сокол»), свидетельствуют, что уровень записи был взят слишком большим.

Если обнаружены какие-либо дефекты в записи, ее нужно повторять до тех пор, пока не будет получен удовлетворительный результат.

Теперь можно произвести перезапись нескольких грампластинок, например, подготовить ленту с записью музыки для вечера танцев. Следует обратить внимание на то, как в перезаписи звучит самое начало и самый конец записи на пластинке. Любая пластинка всегда немного «шипит», а в исправном магнитофоне на участке ленты, где нет записи, «шипения» практически не должно быть слышно. Поэтому момент опускания иглы на вводную дорожку пластинки получается хорошо заметным при последующем прослушивании. Так же хорошо заметен момент, когда звукосниматель отводится от пластинки.

Устранить указанный недостаток можно следующим образом. Перед началом записи нужно ручку регулятора усиления (уровня записи) поставить на нуль, затем опустить иглу на начало вводной дорожки пластинки и плавно перевести ручку в то положение, которое было найдено при подборе уровня записи. Аналогичным образом в конце воспроизведения пластинки нужно по окончании звучания сначала вывести ручку регулятора уровня на нуль, а затем уже поднять звукосниматель с пластинки. Такое «введение» и «выведение» уровня применяют и в других случаях записи, например, когда начинается запись уже идущего по радио концерта и внезапно возникший шум зрительного зала производит неприятное впечатление. Особенно неприятно, когда запись начинается в тот момент, когда лента только набирает скорость. При прослушивании это воспроизводится, как своеобразный искаженный вскрик.

Для указанных выше манипуляций ручка установки уровня записи должна иметь градуировку. Если такой градуировки в приобретенном магнитофоне нет, ее нужно нанести самому. Лучше всего, если к этой ручке будет приделан лимб — диск диаметром 50—70 *мм* с делениями. Если деления нанести достаточно густо, то точная установка ручки не будет вызывать затруднений.

В заключение еще одна рекомендация. Если проигрыватель имеет собственный усилитель, то лучше будет (если есть возможность) снимать напряжение на магнитофон не с выхода этого усилителя, а со входа, т. е. с самого звукоснимателя, что позволит значительно ослабить искажения и фон переменного тока.

Запись с трансляционной сети. В радиолюбительских условиях трансляционная сеть крупных городов является источником самых высококачественных звуковых сигналов. Ни радиоприемник, ни собственный микрофон, ни грампластинка не могут обеспечить воспроизведения в такой широкой

---

[1] В некоторых моделях магнитофонов при переходе на воспроизведение необходимо отключить шнур от проигрывателя.

полосе частот, какая пропускается трансляционными сетями первого класса, имеющимися во всех крупных городах Советского Союза.

Для записи с трансляционной сети ее через соединительный кабель необходимо подключить на вход магнитофона, имеющий надпись «Радио». Иногда сигнал в трансляционной сети оказывается настолько сильным, что его не удается ослабить регулировкой уровня. В этом случае необходимо соорудить простейший делитель напряжения из двух резисторов, как показано на рис. 14.

Трансляционную сеть удобно использовать для «охоты» за интересными записями. Дело в том, что средний уровень передачи через трансляционную сеть довольно стабилен. Поэтому, раз подобрав уровень записи с трансляционной сети, можно в течение долгого времени уверенно устанавливать его по градуировке ручки регулятора.

При записи с трансляционной сети концертов, сопровождаемых комментариями, следует, не жалея ленты, записывать и комментарии, без которых часто концерт получается менее интересным. Если впоследствии окажется, что комментарии представляются вам излишними, их можно удалить, переписав фонограмму.

Возможность неоднократно осуществлять запись и затем их стирать существенно облегчает «охоту» за интересными произведениями. Пусть, например, сверившись с программой передач, опубликованной в газете, Вы решили записать концерт и в ходе записи вдруг обнаруживаете, что одно из исполняемых произведений уже есть в вашей фонотеке. Пока идет исполнение этого произведения, нужно перемотать ленту назад, прослушивая, найти конец записи предыдущего произведения и подготовить магнитофон для дальнейшей записи. Как только объявят следующий номер, включают движение ленты. В результате «нежелательный» номер будет исключен из фонограммы.

Иногда бывает необходимо держать магнитофон длительное время наготове, выжидая начала передачи.

Держать ламповый магнитофон все время включенным невыгодно, так как срок службы ламп составляет всего 700—1 000 *ч*. С другой стороны, за время прогрева можно упустить часть интересной передачи. Для того чтобы избежать этого, магнитофон можно включить на «горячий резерв», т. е. подать на него от сети питания пониженное напряжение (например, 150 *в* вместо 220). При таком режиме лампы могут служить в несколько раз дольше, а при переводе на нормальное напряжение питания магнитофон буквально через несколько секунд уже готов к работе. Для снижения питающего напря-

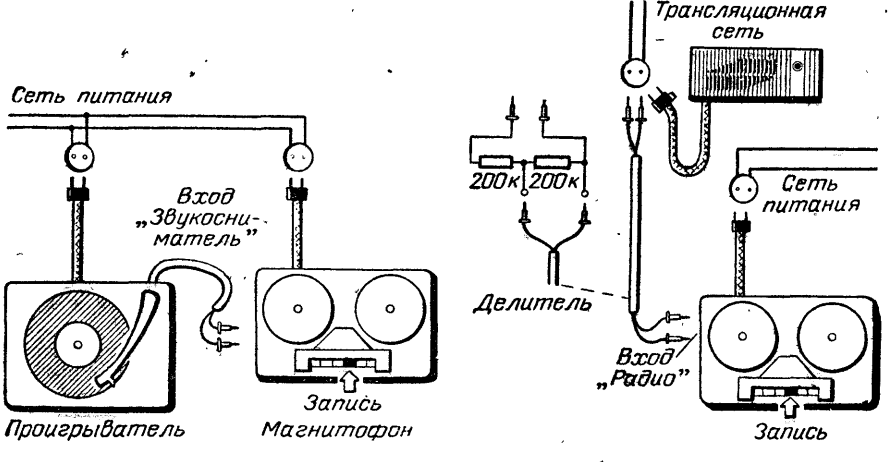


Рис. 13. Схема записи с проигрывателя.

Рис. 14. Схема записи с трансляционной сети.

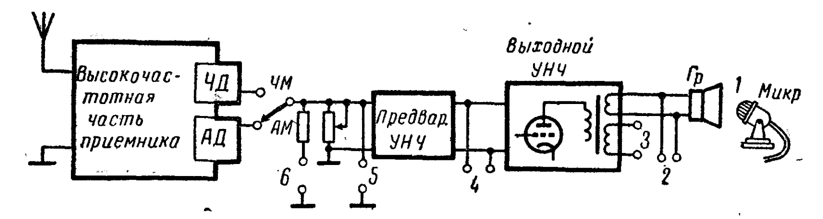


Рис. 15. Подключение магнитофона к радиоприемнику.

жения последовательно с магнитофоном нужно включить балластное сопротивление, для чего можно использовать электролампу подходящей мощности.

Запись с радиоприемника. Присоединить магнитофон к приемнику можно, по крайней мере, через шесть выходов, условно показанных на рис. 15.

1. Перед громкоговорителем приемника можно поставить микрофон, подключенный к магнитофону. Это самый плохой способ, при котором помимо шумов комнаты в записи суммируются искажения, вызванные микрофоном, громкоговорителем и оконечным усилителем приемника.

2. Можно использовать напряжение, снятое со звуковой катушки громкоговорителя (выход *2*) или гнезд дополнительного громкоговорителя (выход *3*), т. е. после выходного усилителя. Несмотря на удобство подсоединения лучше избегать такого включения, так как в запись попадают заметные искажения в оконечном усилителе.

3. Можно использовать напряжение после предварительного усилителя низкой частоты (выход *4*) или после детектора (выходы *5* и *6*). Эти напряжения минимально искажены, но не во всех приемниках они выведены. Подобный выход приемника называется «линейным». В случае самодельного исполнения его нужно делать экранированным проводом.

Современные приемники во всех диапазонах, исключая УКВ диапазон, имеют полосу пропускания звуковых частот шириной всего 3—4 *кгц* и только у приемников высшего класса она простирается до 6 *кгц*. По сравнению с полосой пропускания трансляционной сети (до 12 *кгц*) это немного, и поэтому нельзя рассчитывать на высокое качество звучания при записи с радиоприемника. Запись далеких радиостанций сопровождается, кроме того, значительными помехами. Высококачественную запись местных станций только можно произвести в УКВ диапазоне.

При работе с приемником нужно учитывать, что в первые часы работы из-за прогрева его деталей настройка «ползет» и требует периодической корректировки.

Запись с телевизора. Запись с телевизора отличается от записи с приемника, пожалуй, только тем, что производящий запись обычно смотрит передачу, недостаточно вслушиваясь в качество звучания. Между тем, действуя ручкой точной настройки телевизора, можно получить либо лучшее изображение, либо лучший звук; вторая составляющая телевизионной передачи неизбежно страдает. Естественно, что при записи на магнитофон предпочтение нужно отдавать высокому качеству звука.

Нужно учитывать, что часто звуковое сопровождение телевизионной передачи по помехам значительно хуже, чем радиопередача. Когда такая запись прослушивается уже без изображения, то все шумы, скрип мебели и подмостков, часто даже переговоры персонала, обслуживающего передачу, становятся очень заметными и существенно снижают качество записи.

Перезапись с одного магнитофона на другой. Этот вид перезаписи в практике работы с магнитофоном применяется для следующих целей:

1) перенесения различных записей в собственную фонотеку;

2) составления монтажей, т. е. сведения на одну магнитную ленту нескольких записей, заимствованных или специально подготовленных по частям, например, для звукового сопровождения любительского кинофильма, радиогазеты, тематического концерта и пр.;

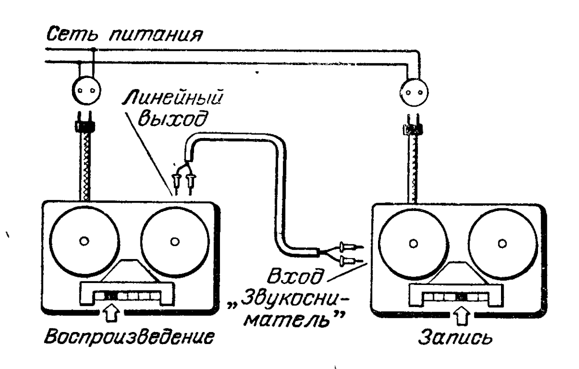


Рис. 16. Схема перезаписи с одного магнитофона на другой.

3) упорядочения записей, т. е. изменения порядка их следования на одной ленте, перенесения их с разных лент на одну;

4) получения специальных эффектов, например получения кукольного голоса на фоне нормального оркестрового сопровождения.

При перезаписи магнитофоны следует установить поблизости друг от друга, чтобы хватило соединительного шнура, тогда при необходимости оба они могут управляться одним оператором. Должна быть обеспечена хорошая вентиляция магнитофонов. Выходное напряжение магнитофона, осуществляющего воспроизведение (будем называть его в дальнейшем первым) соединительным кабелем, подается на вход магнитофона, производящего запись (второго). При этом на первом магнитофоне желательно использовать линейный выход, обеспечивающий меньшие искажения.

После того как путем проб подобран уровень записи на втором магнитофоне, необходимо вернуть ленты на обоих аппаратах в исходное положение и согласованно пустить их в движение.

Для того чтобы вовремя успеть включить второй магнитофон, лента на первом должна быть отмотана несколько дальше начала той записи, которую нужно перезаписать.

Если первый магнитофон не имеет линейного выхода или второй очень сильно нагружает этот выход (при включении кабеля резко падает громкость), то подключаться приходится на гнезда дополнительного громкоговорителя или к громкоговорителю первого магнитофона. При этом на характер перезаписанного звука влияет положение ручек (или ручки) регулировки тембра первого магнитофона.

Нужно учитывать, что при перезаписи с одного магнитофона на другой детонация суммируется. Если одну и ту же запись перезаписывать много раз, то в конечной копии звук окажется сильно искаженным. Поэтому для перезаписи лучше использовать фонограммы, полученные в результате минимального числа перезаписей.

Запись с микрофона. Для того чтобы получить высококачественную запись с микрофона, требуется удовлетворить по крайней мере три условия:

1. Обеспечить высокие технические показатели используемых технических средств, в первую очередь микрофона.
2. Производить запись в достаточно заглушенном помещении.
3. Иметь хорошую звукоизоляцию этого помещения.

Рассмотрим, как эти условия удается обеспечить в любительских условиях. Обычно бытовой магнитофон сам по себе имеет необходимые качественные показатели, но микрофон, входящий в комплект магнитофона, всегда вызывает нарекания. Дело в том, что стоимость хорошего микрофона намного превышает стоимость самого магнитофона и поэтому рядовой любитель не может его купить. Вам заранее придется смириться с тем, что у микрофона частотная характеристика не очень хороша.

Помещение, в котором располагается микрофон, должно быть хорошо заглушено. Лучше, если в этом помещении будет много материалов, поглощающих звук: на окнах и дверях тяжелые портьеры, на полу и желательно на стене — ковер, много мягкой мебели.

Если в школе или клубе имеется возможность выделить отдельную комнату под студию звукозаписи, то ее стены и потолок для заглушения нужно

обшить тканью, трехслойным упаковочным картоном или картонными прокладками для упаковки яиц, а пол покрыть ковром. Конечно, нужно принять необходимые противопожарные меры.

Звукоизолировать помещение для записи очень трудно. Звуки, мешающие записи, проникают через окна (с улицы или двора), двери и конструктивные элементы здания (из соседних помещений), по водопроводной, отопительной и канализационной сетям, через вентиляционные каналы. Кроме того, мешающие звуки создают сам магнитофон, часы, холодильник и тому подобные приборы, имеющиеся обычно в жилом помещении. Практически шумы можно получить малыми только в ночное время, особенно зимой, когда слой снега заглушает все уличные шумы.

С микрофона относительно удовлетворительно записывается речь, особенно детская, хуже — вокальные номера, особенно идущие в исполнении ансамбля певцов; труднее всего записывать инструментальную музыку.

Размещать микрофон нужно так, чтобы он не перегружался звуком (это заметно по появлению искажений), был возможно дальше от исполнителя, который невольно создает шумы, но в то же время не настолько далеко, чтобы полезный сигнал стал намного слабее помех аппаратуры. Наиболее рациональное расположение микрофона находят методом проб, переставляя его с места на место или перемещая исполнителя, причем каждый раз производят запись и последующее прослушивание.

Нужно помнить, что микрофон боится перегрузок. В него нельзя кричать и дуть с близкого расстояния. Микрофон очень боится ударов, пыли, особенно металлической, а также влаги. Поэтому микрофон нужно хранить в чехле, а при записи в присутствии водяных брызг помещать в надутый (чтобы не хрустел) пластикатовый мешочек.

Микрофон развивает очень малое напряжение и поэтому должен подсоединяться к магнитофону экранированным кабелем. Удлинять такой кабель опасно, так как могут появиться наводки на него и кроме того, из-за увеличения собственной емкости кабеля «заваливаются» высокие частоты.

В тех случаях, когда применения длинного кабеля не избежать, необходимо поставить у микрофона однокаскадный транзисторный усилитель с питанием от местной батареи. Тогда по кабелю будет передаваться достаточно сильный сигнал и наведенные на кабель помехи будут незначительны по сравнению с сигналом. Соединение нужно производить экранированным проводом. а экран заземлять или соединять на корпус в одной точке со стороны магнитофона.

Особые приемы записи. Применяя некоторые специальные приемы, можно расширить возможности магнитофона. Рассмотрим некоторые из них.

Запись без стирания. Если каким-либо способом исключить действие стирающей головки, то новая запись будет накладываться на старую и таким образом удастся суммировать две, три и больше поочередных записи, например, записать трио, исполняемое одним певцом.

Для того чтобы прекратить действие стирающей головки, можно ее выключить, разорвав цепь питания. Для этого в некоторых моделях магнитофонов предусмотрен выключатель; если такого выключателя нет, можно ввести его собственными средствами. Тот же результат получится, если на стирающую головку надеть колпачок из картона или любого немагнитного материала, так чтобы лента оказалась отведенной от головки на 1,5—2 *мм*. На таком расстоянии головка на ленту уже не действует.

Запись телефонного разговора. Трудность записи телефонного разговора состоит в том, что по действующим правилам абоненту не разрешается производить какие бы то ни было присоединения к телефонной сети или внутри телефонного аппарата. Конечно, для записи можно приставить телефонную трубку к микрофону, но тогда становится неудобным разговаривать по телефону и, кроме того, появляются сильные искажения.

В каждом телефонном аппарате имеется трансформатор, по обмоткам которого циркулируют разговорные токи. Часть магнитного потока этих токов выходит из сердечника трансформатора и образует поле рассеяния. Если изготовить катушку, содержащую 10—15 тыс. витков эмалированного

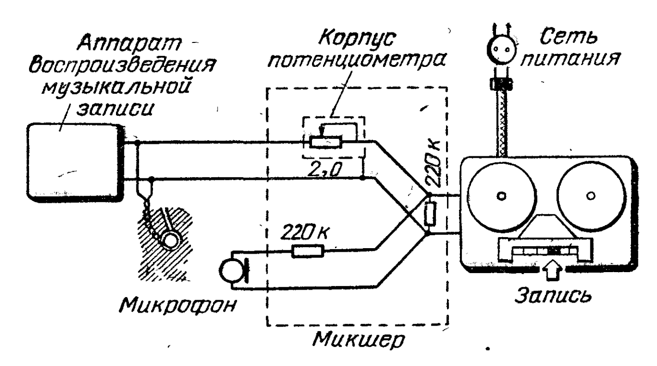


Рис. 17. Схема записи под фонограмму.

провода диаметром 0,06—0,04 *мм*, включить ее на микрофонный вход магнитофона и подобрать опытным путем ее расположение снаружи на корпусе телефонного аппарата, то поле рассеяния наведет в катушке напряжение, достаточное для нормальной работы магнитофона. Выходное напряжение такого самодельного датчика можно заметно увеличить, если внутрь катушки вставить стержень из мягкой стали или пакет трансформаторной стали сечением примерно 3×3 *мм*. Такой датчик можно прикрепить к корпусу телефонного аппарата липкой лентой или пластилином.

Запись под фонограмму. Этот прием, используемый иногда в кино и телевидении, позволяет записывать голос рассказчика или певца одновременно с музыкальным сопровождением, воспроизводимым с грампластинки или с другой магнитной фонограммы.

Схема соединений показана на рис. 17. Напряжение от аппарата воспроизведения музыкальной записи, например проигрывателя, через переменный резистор подводится на микрофонный вход магнитофона. Туда же через постоянный резистор подается напряжение с микрофона. Детали, обведенные на схеме пунктиром, образуют микшер (смеситель сигналов).

Исполнитель через головные телефоны слушает музыку и согласует с ней свое пение или декламацию. Потенциометр позволяет регулировать относительный уровень музыкального сопровождения.

Если исполнителю нельзя надеть телефоны, например, при киносъемке, то вместо телефонов включают замаскированный громкоговоритель, включенный на небольшую громкость, так что его работа почти не прослушивается через микрофон, но достаточно ясно слышна исполнителю.

ЭЛЕКТРОГИТАРА [1]

Простейшую электрогитару можно сделать из обычной, укрепив под ее струнами электромагнитный звукосниматель, однако такую электрогитару затруднительно использовать в концертных целях. Если гитара используется как солирующая, то большое значение имеет свободный доступ руки играющего ко всему грифу. У обычных гитар доступны для игры лишь 12—14 ладов, для солирующей же гитары бывает недостаточно и двадцати. Таким образом, форма и конструкция гитары должны быть удобны для игры и обеспечивать доступ ко всему грифу. Этого можно достигнуть, сделав в деке вырезы по обеим сторонам грифа (рис. 1).

Другим недостатком электрогитары с корпусом от обычной гитары является влияние резонатора на качество звучания. Электромагнитный звукосниматель воспринимает колебания деки в виде помех. Поэтому корпус гитары не должен иметь акустического резонатора.

[1] Авторы Б. Портной, Н. Невский.

Ниже описывается конструкция солирующей гитары. Конструкция ритм-гитары ничем от нее не отличается. Бас-гитара отличается от нее незначительно, о чем сказано ниже.

Корпус гитары изготовляется из многослойной фанеры, кленовой доски толщиной 20—30 *мм* или другого достаточно легкого материала, который должен мало деформироваться на изгиб. При изготовлении корпуса следует обратить особое внимание на то, чтобы менее всего он деформировался на изгиб в направлении струн, иначе сила натяжения струн, которая может достигать 400 *н*, согнет корпус даже при слабом нажатии на гриф, что неизбежно в процессе игры, и звук будет «плавать». Гриф или изготовляется отдельно, или берется от обычной гитары. Крепить его к корпусу можно способом, указанным на рис. 2, при помощи прочной металлической пластинки. В корпусе и грифе сверлят сквозные отверстия, через которые болтами крепят соединительную пластинку. Крепить пластинку шурупами не следует, так как из-за большой постоянной нагрузки на нее, создаваемой струнами, крепление в скором времени ослабнет, что приведет к «плаванию» звука. Гриф должен быть закреплен под углом к корпусу (рис. 3). Это делается для удобства регулировки высоты струн при закрепленном грифе. Угол наклона грифа подбирается изменением высоты распорки.

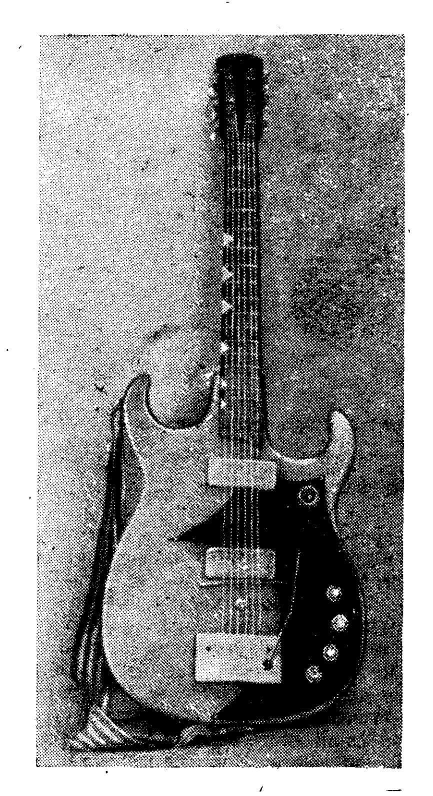


Рис. 1. Общий вид электрогитары.

Одним концом струны крепят к колкам грифа, другим — ко втулке механического вибрато. Устройство последнего показано на рис. 4. Струны продеваются в отверстия втулки вибрато, как указано на этом рисунке. Натянутые струны прижимают пружину *2* к корпусу гитары. При нажатии на рукоятку *3* втулка *1* поворачивается, изгибая пружину, и натяжение струн меняется. Если в тот момент, когда струна звучит, нажать на рукоятку, звук понизится на $^1/_2$—$^1/_4$ тона. Наоборот, при движении рукоятки вверх звук струн повысится. Это приспособление позволяет получать вибрацию звука и некоторые другие эффекты.

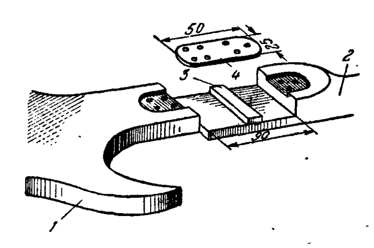


Рис. 2. Крепление грифа к корпусу гитары.

1 — корпус; *2* — гриф; *3* — распорка; *4* — соединительная пластинка.

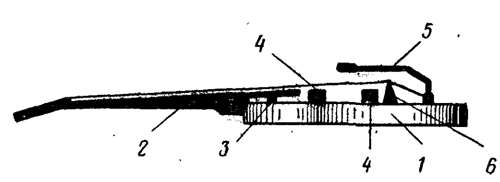


Рис. 3. Основные части электрогитары.

1 — корпус; *2* — гриф; *3* — распорка; *4* — звукосниматель; *5* — рукоятка механического вибрато; *6* — подставка.

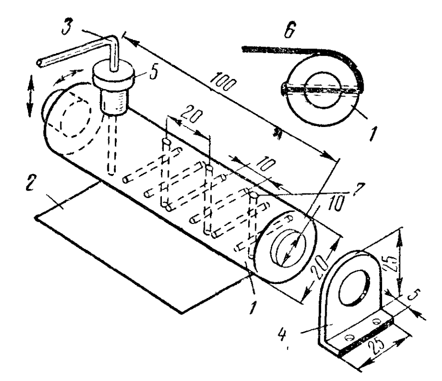


Рис. 4. Устройство вибрато.

1 — втулка; 2 — пружина; 3 — рукоятка; 4 — кронштейн; 5 — контргайка; 6 — струна; 7 — заклепки.

Втулку *1* вытачивают из алюминия. Длина ее должна быть 90—100 *мм*. Диаметр втулки 18—20 *мм*, расстояние между горизонтальными отверстиями для струн 9—10 *мм*. К корпусу гитары втулка крепится с помощью кронштейнов винтами М4. Один из кронштейнов показан на рис. 4. Кронштейны крепятся к корпусу винтами М4. Крепление кронштейна шурупами ненадежно: со временем оно ослабнет из-за переменной нагрузки на втулку вибрато, что приведет к «плаванию» звука. Рукоятка *3*, которой управляют поворотом втулки вибрато, а значит и натяжением струн, изготовляется из стального прутка толщиной 6—8 *мм*. Она ввинчивается в отверстие с резьбой М4, сделанное во втулке. На ввинчиваемом конце рукоятки также нарезается резьба М4 и на него навинчивается контргайка, выполненная в форме декоративной втулки с накаткой. Она служит для фиксации рукоятки под определенным углом к струнам, который можно менять в процессе игры.

В описываемой конструкции пружина представляет собой пластину из высокоуглеродистой стали толщиной 1,5 *мм* и шириной около 70 *мм*. Ко втулке она крепится заклепками, пропущенными через три вертикальных отверстия. При отсутствии такой пластины пружину можно выполнить в виде рессоры из двух-трех кусков ножовочного полотна с длинами в отношении 1 : 2 : 4, складывая их друг на друга и скрепляя совмещенные концы на втулке вибрато заклепками толщиной 3 *мм*. Длина нижней пластины 60—70 *мм*. Отверстие в ножовочном полотне можно проделать победитовым сверлом или же, нагрев пружину докрасна, пробить гвоздем, после чего подвергнуть пружину закалке.

Рукоятка *3* должна иметь длину 250—300 *мм*. Расстояние закрепления механического вибрато от верхнего порожка грифа должно быть на 100—120 *мм* больше длины мензуры, т. е. удвоенного расстояния от верхнего порожка до 12-го лада. Подставка (рис. 3) устанавливается точно на длину мензуры. Положение подставки подбирается опытным путем, исходя из того, что при правильной ее установке каждая струна, прижатая на 12-м ладу, должна звучать в октаву с открытой струной. Высота подставки должна быть такой, чтобы высота струн над 12-м ладом составляла 3 *мм*.

В простейшей конструкции под струны ставится один звукосниматель. Для солирующей гитары желательно устанавливать 2—3 звукоснимателя,

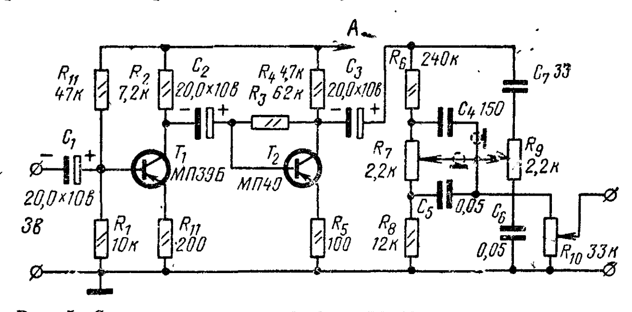


Рис. 5. Схема предварительного усилителя.

Указанные в схеме номиналы деталей даны для ритм-гитары. Для солирующей гитары они следующие: R_7 2,2 *Мом*; R_8 120 *ком*; R_9 2,2 *Мом*; C_6 6 800 *пф*.

которые могут поочередно подключаться в работу. Количество звукоснимателей, устанавливаемых на гитару, может достигать четырех. При этом их располагают парами: одна пара непосредственно у нижнего порожка, другая — под грифом. Расстояние между звукоснимателями в паре 5—10 *мм*.

Звукосниматели можно использовать заводские или самодельные. Тембр звука сильно зависит от положения звукоснимателя на деке. Так, например, звукосниматель, расположенный под грифом (верхний на рис. 1), лучше передает нижние частоты, расположенный у нижнего порожка — верхние частоты. Для каждого звукоснимателя можно сделать отдельный выход или использовать переключатель.

Рис. 6. Расположение деталей в корпусе электрогитары.

1 — переключатель звукоснимателей; *2* — предварительный усилитель; *3* — плата регулировки тембра; *4* — регулятор верхних частот R_9; *5* — регулятор низших частот R_7; *6* — регулятор громкости R_{10}; *7* — выходное гнездо; *8* — гнездо питания.

Предварительный усилитель (рис. 5) включается между звукоснимателями и регуляторами тембра. Схема его приведена на рис. 5. Его монтируют в корпусе гитары. Регулятор тембра выполнен на монтажной планке, заключенной в сплошной экран. В экран следует заключить и предварительный усилитель. Выходные цепи необходимо тщательно экранировать. Экраны для предварительного усилителя и регулятора тембра изготовляются из жести или тонкого дюралюминия и представляют собой сплошные корпуса с отверстиями для выводов.

Примерное расположение деталей в корпусе гитары показано на рис. 6.

Питание. Питать предварительный усилитель можно от батареи КБС-Л-0,50 или от выпрямителя с хорошим сглаживающим фильтром. Отрицательный полюс источника питания включается на точку, обозначенную буквой *А*. Желательно подавать питание через генератор вибрато, осуществляющий изменение величины напряжения питания с частотой 5—20 *гц*. Это придает звуку приятную окраску, а при малой частоте имитируется реверберация. Схема генератора вибрато дана на рис. 7. Фазовращающие *RC*-цепочки $R_1R_2C_1$, R_3C_2 и R_4C_3 осуществляют поворот фазы напряжения обратной связи, подаваемого с коллектора транзистора T_2 в цепь базы транзистора T_1 на 180°. Это обеспечивает самовозбуждение генератора. Глубина напряжения обратной связи подбирается резистором R_8. Транзисторы следует подобрать с возможно большим коэффициентом передачи тока.

Правильно собранный генератор на транзисторах с коэффициентом передачи тока 100—120 налаживания не требует. Резисторы R_2 и R_8 позволяют

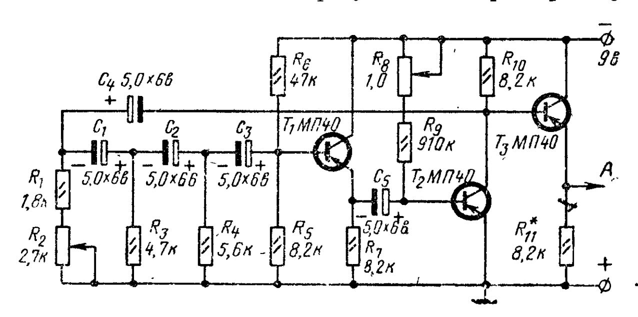


Рис. 7. Схема генератора вибрато.

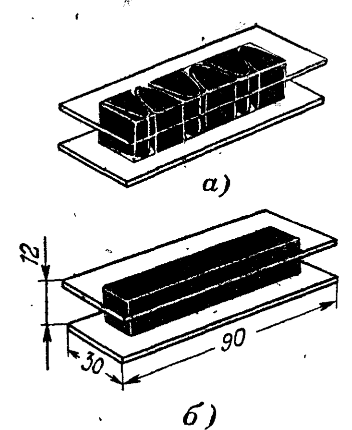


Рис. 8. Сердечники звукоснимателей с приклеенными к ним щечками катушек.

а — из постоянных магнитов от реле; *б* — из магнита от динамического микрофона.

регулировать частоту вибрации от 5 до 20 *гц* и амплитуду от 0,5 до 1,5 *в*. Величина постоянной составляющей подбирается изменением сопротивления резистора R_{11}. Выход генератора, обозначенный буквой *А*, соединяется с предварительным усилителем в точке, также обозначенной буквой *А* (рис. 5). С регуляторов тембра сигнал подается на вход основного усилителя низкой частоты, в качестве которого можно использовать усилитель электрофона, радиоприемника, оконечный усилитель магнитофона или специально сделанный усилитель.

После того как детали смонтированы в корпусе гитары, их нужно закрыть фальшпанелью, на которую выносятся ручки регуляторов тембра, громкости и переключателя звукоснимателей. Корпус покрывается цветным оргстеклом, красится нитрокраской, лакируется или подвергается какой-либо другой отделке.

Налаживание электрогитары. Если при подключении гитары с генератором вибрато к усилителю слышны «щелчки», это указывает на то, что искажена форма синусоидального напряжения, вырабатываемого генератором. В этом случае надо изменить сопротивления резисторов R_6 и R_9 до исчезновения «щелчков». При нормальной работе гитары в громкоговорителе прослушивается слабый фон с частотой генератора вибрато.

О конструкции бас-гитары. В бас-гитаре можно обойтись одним звукоснимателем, напряжение с которого подается непосредственно на усилитель с нижней граничной частотой полосы пропускания 30 *гц*. Расстояние между звукоснимателем и струнами в этом случае должно быть около 15—20 *мм*, что способствует лучшему воспроизведению нижних частот и подавлению высших. Так как сила натяжения струн на бас-гитаре сравнительно невелика, то ее гриф можно крепить к корпусу иначе, например, способом «ласточкин хвост».

Звукосниматели. В описанной электрогитаре применены самодельные электромагнитные звукосниматели. Сердечники их собраны из постоянных магнитов от реле типа РПС-5 (рис. 8, *а*). Можно использовать магниты от динамического микрофона ДЭМШ-1А или изготовить брусок длиной 70 *мм* из высокоуглеродистой стали (рис. 8, *б*), например, из плоского напильника, намагнитив его сильным постоянным магнитом или воздействием магнитного поля. Для этого на брусок наматывается 70—100 витков изолированного провода диаметром 1,5—2,0 *мм*, по которым пропускается импульс постоянного тока величиной 5—10 *а*. Для предохранения источника тока от перегрузки последовательно с обмоткой подключается плавкий предохранитель — отрезок проволоки диаметром 0,2—0,3 *мм*. Каркас для обмотки звукоснимателя изготовляется из органического стекла толщиной 1—2 *мм* (размеры указаны на рис. 8) и склеивается дихлорэтаном. Полюса магнитов должны лежать в плоскости, перпендикулярной направлению струн.

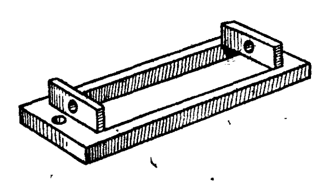


Рис. 9. Рамка для крепления звукоснимателя.

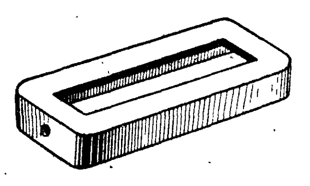


Рис. 10. Экран звукоснимателя.

Катушка звукоснимателя содержит 1 500—2 000 витков провода ПЭЛ 0,1. Стальная струна, колеблющаяся в магнитном поле звукоснимателя, наводит в его обмотке переменную э. д. с. примерно 40—50 *мв*, которая подается на вход предварительного усилителя низкой частоты.

Звукосниматель прижимается к корпусу гитары с помощью рамки (рис. 9), изготовленной из эбонита. Для этого нижняя щечка каркаса делается на 2—3 *мм* больше верхней. Размеры рамки допускают свободную посадку на звукосниматель. Рамка крепится к корпусу гитары шурупами. Для устранения наводок от сети переменного тока звукосниматели необходимо заэкранировать. Экран (рис. 10) изготовляют из немагнитного материала, например бронзы или латуни. В экране делается прорезь по ширине сердечника звукоснимателя. Экран надевается на рамку и крепится винтами.

ЛИТЕРАТУРА

Волков-Ланнит Л. Ф. Голос, сохраненный навеки. Изд-во «Искусство», 1960, 64 стр.

Рассказ о том, как записали в 1919—1921 гг. тринадцать речей В. И. Ленина и как восстановили семь из них, переписав на долгоиграющую пластинку.

Эта работа велась свыше четверти века и увенчалась успехом. Голос Владимира Ильича сохранен навеки. Теперь он слышен четче и яснее.

Ганзбург М. Д. Магнитофоны. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 24 стр.

Справочные сведения об отечественных магнитофонах выпуска 1960—1965 гг., предназначенных для любительской записи звука. Даются рекомендации по выбору магнитофона.

Кругликов Д. А. Электрические схемы портативных магнитофонов. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 56 стр.

В книге рассматриваются основные узлы портативных магнитофонов, их назначение и требования, предъявляемые к их конструкции.

Дается ряд практических схем усилителей и генераторов на транзисторах, индикаторов уровня записи и регуляторов числа оборотов миниатюрных электродвигателей постоянного тока.

Приведенные схемы построены с расчетом применения в них транзисторов с большим разбросом параметров, что облегчает изготовление магнитофонов в любительских условиях.

Прохоров Е. А. Адаптеризация музыкальных инструментов. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 72 стр.

Адаптеризация позволяет использовать струнные (особенно щипковые) инструменты, обладающие малой громкостью, в больших концертных залах и на открытых площадках.

В книге даны описания работ автора по адаптеризации в основном щипковых музыкальных инструментов.

Подробно описаны конструкции гавайской электрогитары и камертонных генераторов. Приведены простые схемы усилителей НЧ. Рассмотрено несколько конструкций педалей для регулирования звука.

Симонов И. Д. Новое в электромузыкальных инструментах. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Рассмотрены интересные предложения, возникшие в последние годы в области электромузыки для создания красивого и выразительного звучания.

В брошюре дан обзор разработок генераторных устройств, адаптеризованных инструментов, электронных музыкальных синтезаторов, шумовых, ударных и ритмических инструментов.

Рассматриваются некоторые возможности повышения эффективности исполнительской техники.

Сонин Е. К. Миниатюрный магнитофон-секретарь. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Описание двухдорожечного транзисторного магнитофона, выполненного с применением печатного

монтажа. Скорость движения ленты 9,53 *см/сек*. Выходная мощность 150 *мвт*. Питание — батарея напряжением 9 *в*. Вес 1,7 *кг*. В усилителе использовано 12 транзисторов. Тот же магнитофон с программирующей приставкой (еще пять транзисторов) может работать как секретарь-диктофон, связанный с телефонной линией.

Питание: три батареи типа «Крона», а для приставки три батарейки от карманного фонаря.

Борисов Е. Г., Самодуров Д. В. Аппаратура для озвучивания любительских фильмов. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

В брошюре приводятся схемы и описания простых синхронизаторов для самостоятельного изготовления, пригодных для использования с распространенными отечественными кинопроекторами и магнитофонами. Предлагается ряд схем электрических синхронизаторов и две (ламповая и транзисторная) электронных.

Брошюра предназначена радиолюбителям и кинолюбителям, знакомым с основами радиотехники и звукозаписи.

Дольник А. Г. и Эфрусси М. М. Микрофоны, изд-во 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 32 стр.

Даются классификация, основные параметры и характеристики микрофонов. Рассматриваются микрофоны для радиолюбительских и профессиональных устройств.

Рассказано о новом в микрофонной технике.

Корольков В. Г., Лишин Л. Г. Электрические схемы магнитофонов, изд. 2-е, доп. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 118 стр.

Книга поможет читателю разобраться в схемах современных магнитофонов, понять принципы их действия и получить представление о расчете их элементов.

Во второе издание введены новые разделы, посвященные применению транзисторов в магнитофонах.

Книга рассчитана на читателей, знакомых с физическими основами магнитной записи и занимающихся конструированием и эксплуатацией магнитофонов.

Ганзбург М. Д. Микшеры. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Любители «звукозаписцы» часто пользуются комбинированной записью звука с наложением, производя запись дважды на одну и ту же часть ленты. Но в этом случае первая запись ослабляется. От этого и других недостатков свободен способ комбинированных записей звука с помощью микшерного пульта-устройства, позволяющего регулировать уровни напряжений звуковой частоты и смешивать их между собой в нужных соотношениях.

В брошюре описан принцип действия, устройство и эксплуатация микшерных пультов. Рассмотрены простейшие микшерные пульты (МП), МП с усилителем, стереофонические МП, электрические схемы усилителей МП, конструкции МП и их эксплуатация.

Ефимов Е. Г. Магнитные головки. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 80 стр.

В книге приводятся основные сведения о магнитных головках, их основных параметрах и конструкциях. Рассматриваются свойства головок: разрешающая способность, потребление энергии, механическая надежность, ресурс работы и др.

Приводится описание многодорожечных стереофонических и миниатюрных блоков головок. Дано описание изготовления, испытания и установки головок.

Заключительная глава с описанием специальных головок написана В. И. Пархоменко.

В приложении даются справочные таблицы с основными параметрами головок.

Козырев А., Фабрик М. Конструирование любительских магнитофонов, изд. 3-е. Изд-во ДОСААФ, 1967.

Рассмотрены основные параметры, блок-схемы, узлы лентопротяжных механизмов и усилителей магнитофонов. Сформулированы требования к различным узлам и схемам магнитофонов, а также даны рекомендации по их конструированию и расчету. Приведены краткие технические характеристики электродвигателей и магнитных головок.

Кругликов Д. А. Лентопротяжные механизмы портативных магнитофонов. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 88 стр.

Рассматриваются основные требования, предъявляемые к портативным магнитофонам, возможные кинематические схемы лентопротяжных механизмов.

Значительная часть книги отведена вопросам конструирования лентопротяжных механизмов и их регулировке. Приводятся справочные данные по электродвигателям и магнитным головкам, применяемым в портативных магнитофонах и диктофонах.

Даны подробные описания четырех любительских конструкций лентопротяжных механизмов портативных магнитофонов и диктофонов.

Книга рассчитана на радиолюбителей-конструкторов.

Мазо Я. А. Магнитная лента. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 80 стр.

Первая книга в популярной технической литературе о свойствах и применении магнитных лент.

Даны типы, размеры и форма лент, их магнитные свойства, эксплуатация лент. Приведены основные данные отечественных и зарубежных лент и рекомендации по выбору оптимальных режимов записи и хранения магнитных лент.

Ашихманов Ю. А. Устройство для синхронного озвучения любительских кинофильмов. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

Описание синхронизатора изображения и звука для 8-*мм* любительских кинофильмов. В отличие от существующих устройств эта конструкция построена по принципу замкнутых авторегулируемых систем и обеспечивает непрерывную и независимую от длительности демонстрации синхронность изображения и звука без всякого вмешательства оператора.

Приведено подробное описание принципа действия, конструкция, налаживание и эксплуатация синхронизатора.

Построить и наладить синхронизатор по этому описанию сможет радиолюбитель средней квалификации.

Галин Н., Ривкин Л. Магнитофон «Электрон-4». Изд-во ДОСААФ, 1969, 32 стр.

Описание экспоната XXI ВРВ, получившего приз.

Магнитофон транзисторный портативный двухдорожечный. Скорость движения ленты 9,53 *см/сек.*

Подробные чертежи лентопротяжного механизма и его отдельных узлов должны помочь выполнить его конструкцию подготовленным радиолюбителям или коллективу радиокружка.

Питание магнитофона можно осуществить в двух вариантах с питанием от источников тока напряжением 9 и 12 *в*. Вес аппарата вместе с батареями 3,5 *кг*.

Гладышев Г. И. Магнитофоны. Справочник. Изд-во «Наукова думка», Киев, 1969, 238 стр.

Даны описания конструкций, кинематических схем и принципиальных электрических схем 38 магнитофонов, пяти магнитол и двух магниторадиол выпуска 1950—1968 гг.

Згут М. Мой друг магнитофон. Изд-во «Связь», 1969, 240 стр.

Вы хотите знать основы техники магнитной записи и научиться правильно эксплуатировать свой магнитофон, уметь записывать с приемника и телевизора, перезаписывать грампластинки и осуществлять перезапись с одного магнитофона на другой. Все это Вы узнаете из данной книги. Живо и обстоятельно автор рассказывает о многих очень полезных вещах, необходимых начинающему «звукописцу». В ней в очень доходчивой форме, с большим количеством рисунков изложен значительный опыт автора — любителя звукозаписи и радиоинженера по специальности.

В нашей научно-популярной литературе — это первая книга о любительской записи, написанная так подробно, живо и на современном уровне. Она поможет каждому владельцу магнитофона избежать многих ошибок и промахов, которые неизбежны без доброго совета.

Лопатин К. Твой первый магнитофон. Изд-во ДОСААФ, 1969, 78 стр.

Подробное описание лентопротяжного механизма, схемы, конструкции, сборки и регулировки любительского двухдорожечного маг-

нитофона «Пионер». Ввиду того, что теперь имеется большой выбор легких и дешевых двигателей, «Пионер» — магнитофон трехмоторный с малым весом и небольшими размерами. Кинематическая схема его значительно проще, чем у одномоторных магнитофонов.

Скорость движения ленты 19,05 или 9,53 *см/сек*. Усилитель трехламповый служит и для записи, и для воспроизведения. Выходная мощность 2 *вт*.

Потребляемая мощность от сети 65 *вт*. Вес 8 *кг*.

Книга предназначена для начинающих любителей-конструкторов, интересующихся магнитной записью звука.

Володин А. А. Электронные музыкальные инструменты. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 144 стр.

Автор — известный конструктор электромузыкальных инструментов, получивший золотую медаль на Брюссельской выставке. Его книга — полезное пособие для читателей, интересующихся электромузыкой. В ней изложены сведения из акустики, дается разбор типичных электрических и функциональных схем электронных музыкальных инструментов (ЭМИ).

Приводятся конкретные системы формирования звучаний, рекомендации по типам и техническим требованиям для ЭМИ.

Даны краткие технические описания существующих отечественных и зарубежных ЭМИ промышленного изготовления. Приведен исторический очерк развития ЭМИ.

Данилочкин В. А. Налаживание любительских магнитофонов. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 102 стр.

Описывается методика налаживания лентопротяжных механизмов, каналов записи и воспроизведения магнитофонов, выполненных как на электронных лампах, так и на транзисторах.

Книга рассчитана на широкие круги радиолюбителей.

Курбатов Н. В. и Яновский Е. Б. Справочник по магнитофонам, изд. 3-е. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 176 стр.

Описание устройств отечественных аппаратов магнитной записи звука (20 магнитофонов, трех магнитофонных панелей, приставок и трех магнитол). Приведены рекомендации по эксплуатации и ремонту.

Справочник рассчитан на широкий круг читателей.

Медведовский Д. С. и Гузевич О. Н. Электрогитара. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 96 стр.

Описание четырех видов электрических гитар. Эти конструкции позволяют увеличить громкость звучания обычных гитар и создают новые по тембру инструменты. Конструкции несложны; в них использованы детали широкого применения.

Книга рассчитана широкий круг радиолюбителей и музыкантов.

Пахомов Ю. Д. Специализированные магнитофоны. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 116 стр.

Описания различных видов специализированных магнитофонов (звуковых блокнотов, телефонных секретарей-ответчиков, диктофонов, магнитофона с автоматическим выбором программ, кассетных магнитофонов). Использованы иностранные источники.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

Румянцев А. Н. Карманный и автоматический диктофоны. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радио библиотека), 40 стр.

Описание любительских конструкций диктофонов: простого и полуавтоматического, выполненных на базе магнитофонной приставки «Нота»; автоматической диктофонной приставки к магнитофону «Комета»; автоматического диктофона с интегрирующим реле времени и карманного магнитофона.

Самодуров Д. В. Любительские магнитофоны. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 65 стр.

Описание четырех конструкций магнитофонов различной степени сложности, начиная с простой магнитофонной приставки с ламповым универсальным усилителем к электропроигрывателю. Скорость движения магнитной ленты в при-

ставке — 9,53 *см/сек*, продолжительность записи на каждой дорожке составляет 60 *мин*.

Затем описан портативный магнитофон Е. Г. Борисова, рассчитанный на катушки № 10. Скорость движения звуконосителя 4,76 *см/сек*. Выходная мощность усилителя 2 *вт*. Питание осуществляется от шести батарей типа «Марс». Вес вместе с источниками питания 3,7 *кг*.

Следующая конструкция — магнитофон кинолюбителя, разработанный Ю. В. Боровским. Он предназначен для записи звукового сопровождения при съемках любительских кинофильмов и воспроизведения фонограмм при демонстрации. Аппарат может быть также применен для записи и воспроизведения музыкальных и речевых программ. Небольшие размеры и вес (около 1 *кг*) делают магнитофон удобным для использования в экспедициях.

Скорости движения ленты 9,53 и 4,76 *см/сек*. В походном варианте питание магнитофона осуществляется от трех батарей типа КБС-0,5 и двух элементов типа «Сатурн». Предусмотрена возможность питания от сети переменного тока.

В заключение описан автоматический информатор. Он служит для многократного воспроизведения информации, записанной на обычной магнитной ленте. Предусмотрена возможность автоматической остановки воспроизведения в заранее выбранном месте.

В о л о ш и н Д. И., Ф е д о р ч у к Л. П. Электромузыкальные инструменты. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 144 стр.

Изложены физические основы электромузыки, способы генерации музыкальных тонов, методов темброобразования и управления звуком.

Приведены практические схемы промышленных и любительских электромузыкальных инструментов.

Рассчитана на подготовленных радиолюбителей и руководителей радиокружков.

В п о м о щ ь р а д и о л ю б и т е л ю. Изд-во ДОСААФ.

Нижеследующие описания магнитофонов, электромузыкальной и электроакустической аппаратуры, помещены в сборниках за 1966—1969 гг.

А. Рудницкий. «Электрогитара», № 25, 1966; И. Смолянцев «Высококачественный универсальный усилитель для магнитофонов», № 26, 1966; Ю. Пахомов «Автостопы магнитофонов», № 26, 1966; Ю. Проненко «Секретарь-автомат», № 26, 1966; Е. Борисов, Л. Красиков «Портативный транзисторный магнитофон», № 28, 1966; А. Л о г и н о в «Любительский многоголосный электромузыкальный прибор», №30, 1968; В. Сергеев «Простой магнитофон», № 31, 1969; Д. Захваткин «Электромагнитные звукосниматели для струнных инструментов», № 33, 1969.



РАБОЧЕЕ МЕСТО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ [1]

Когда у радиолюбителя нет определенного места, где бы он мог расположиться и работать постоянно, ему приходится довольствоваться передвижным рабочим местом, состоящим из подноса, кассетницы для инструмента, деталей и коробок, в которых хранятся детали и само изделие. В отдельной коробке находится громоздкий или редко используемый инструмент (рис. 1). Коробка и ящик могут быть изготовлены из картона или фанеры. Можно использовать прочные готовые картонные коробки, оклеив их дерматином, гранитолем или «мраморной» бумагой.

Поднос. Радиолюбитель располагает для своей работы часто ограниченным временем, которое хочется использовать рационально. Если не пользоваться специальными приспособлениями, то много времени отнимает подготовка к работе (подбор нужных деталей и инструментов, раскладка их на столе). После окончания работы требуется время для уборки стола. Чтобы использовать для работы любое

[1] Бортновский Г. А. Рабочее место радиолюбителя. Изд-во «Энергия», 1964 (Массовая радиобиблиотека).

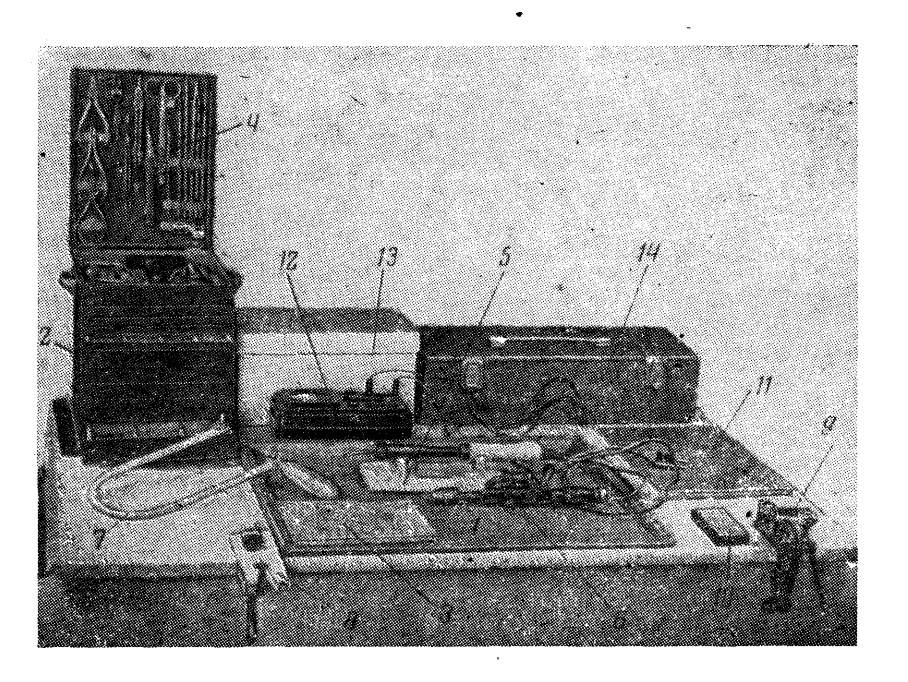


Рис. 1. Передвижное рабочее место радиолюбителя.

1 — поднос; *2* — кассетница; *3* — накладка; *4* — набор инструмента; *5* — паяльник на подставке; *6* — дрель; *7* — лобзик; *8* — струбцинка для лобзика; *9* — настольные тиски; *10* — стальная плита; *11* — папка для хранения листового материала; *12* — тестер; *13* — коробка для деталей; *14* — ящик для громоздкого и редко используемого инструмента.

свободное время, даже небольшое (например, 15—20 *мин*), нужно сделать простое приспособление — поднос (рис. 2). Он изготовляется из листа фанеры размером 650×500 *мм*, толщиной 5 *мм*, к которому по краям прибивают планки. На подносе раскладывают инструмент и детали, а затем ставят его на свободный стол. Если нужно прервать работу и освободить стол, то достаточно только снять поднос. В то же время на подносе все инструменты и детали останутся лежать так, как они лежали в момент прерванной работы. Их не надо убирать или раскладывать снова.

Снятый со стола поднос надо куда-нибудь убрать. Место для хранения подноса можно отыскать легко, например, под столом. Для этого нужно под крышкой стола укрепить две деревянные планки или металлические скобы, на которые ставят поднос.

Когда для рабочего места используется письменный стол, поднос удобнее хранить между тумбами (при двухтумбовом столе) или между тумбой и ножками (при однотумбовом). Для этого на тумбах стола закрепляют две планки, по которым вдвигают поднос.

Можно переделать ящик стола и использовать его в качестве подноса (рис. 3, *а*). Для этого заднюю стенку ящика делают откидной и закрепляют ее крючками. Во время работы ящик вынимают из своего гнезда и ставят па стол задней стенкой вперед; при этом крючки отстегивают и стенка откидывается (рис. 3, *б*).

В квартире, где имеется шкаф, вделанный в стену, поднос можно изготовить по размеру шкафа и вдвигать его туда, как полку. Для этого в верхней части шкафа прибивают к его боковым стенкам две рейки.

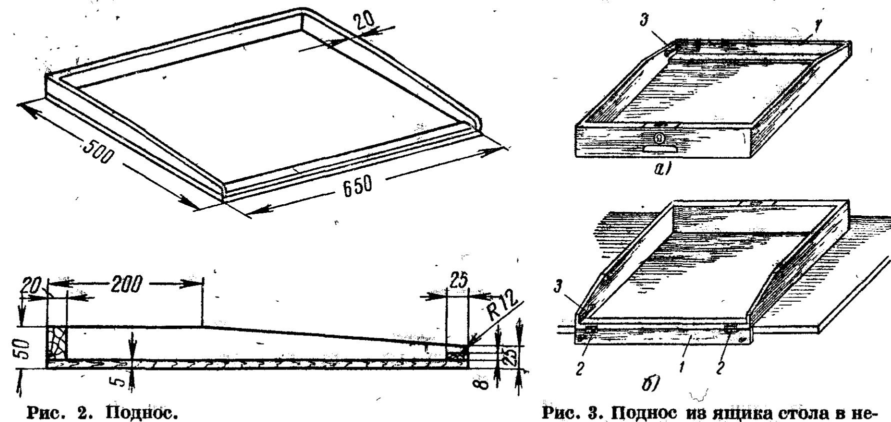


Рис. 2. Поднос.

Рис. 3. Поднос из ящика стола в нерабочем (*а*) и рабочем (*б*) положениях.

1 — откидная крышка; *2* — петли; *3* — крючки.

После изготовления поднос покрывают с помощью кисти олифой. Когда олифа высохнет, его покрывают олифой вторично. Снизу поднос следует оклеить какой-либо материей (лучше всего подходит для этого байка или сукно), для того чтобы он не царапал стол, на котором будет лежать при работе.

У подноса быстрее всего изнашиваются передняя планка и передние концы боковых планок; на этих частях подноса появляются царапины от действия напильника и сверл. Поврежденным оказывается и его фанерное дно. Через один-два года поднос приобретает такой вид, что его приходится выбрасывать. Для того чтобы продлить срок службы подноса, на его дно наклеивают линолеум или резину, а на переднюю и боковые планки прибивают маленькими гвоздями защитные полоски из фанеры (рис. 4). Эти планки ни в коем случае нельзя приклеивать к планкам подноса, так как через некоторый промежуток времени (когда они будут повреждены) защитные полоски заменяют новыми. Красят поднос олифой после того, как прибиты защитные полоски.

Поднос должен быть прочным, поэтому планки приклеивают к фанерному основанию столярным или казеиновым клеем и привинчивают шурупами.

На подносе всегда должна находиться накладка (фанерная дощечка размерами 150×150×10 *мм*), на которой просверливаются отверстия в деталях. Накладка предохраняет поднос от повреждений при сверлении и других механических работах.

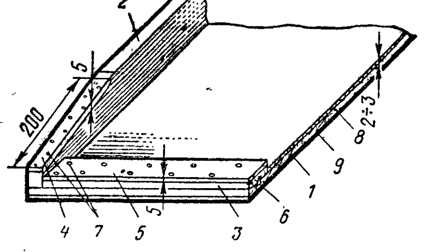


Рис. 4. Усовершенствованный поднос.

1 — основание; *2* — боковые планки; *3* — передняя планка; *4* — защитная накладка на боковой планке; *5* — защитная накладка на переднюю планку; *6* — шурупы; *7* — гвоздики; *8* — линолеум; *9* — сукно или байка.

Кассетница. Важно так хранить детали, чтобы поиск каждой из них отнимал минимальное время. Для хранения мелких и средних по величине деталей лучше всего сделать кассетницу, т. е. шкафчик с десятью выдвижными ящиками разной высоты (рис. 5). Эту же кассетницу можно использовать и для хранения инструментов, которые прикрепляют к крышке кассетницы, а часть их лежит в углублении верхней части ее.

Корпус кассетницы состоит из двух боковых стенок *1*, задней

стенки 2, передней 3, основания 4, дна инструментального отсека 5 и крышки 6. На внутренней поверхности боковых стенок укреплены направляющие 7 для выдвижных ящиков.

Кассетницу изготовляют из фанеры толщиной 5 *мм*, а ее дно — из фанеры толщиной 8 *мм*. Чертежи деталей из фанеры (рис. 6) имеют некоторые отступления от общепринятой системы. Сделано это для того, чтобы облегчить вычерчивание деталей на миллиметровке, а также для экономии места. Детали расположены на чертеже так, что шипы одной стенки находятся напротив выемок сопрягаемой стенки; это позволяет одними и теми же линиями обозначить размеры двух деталей.

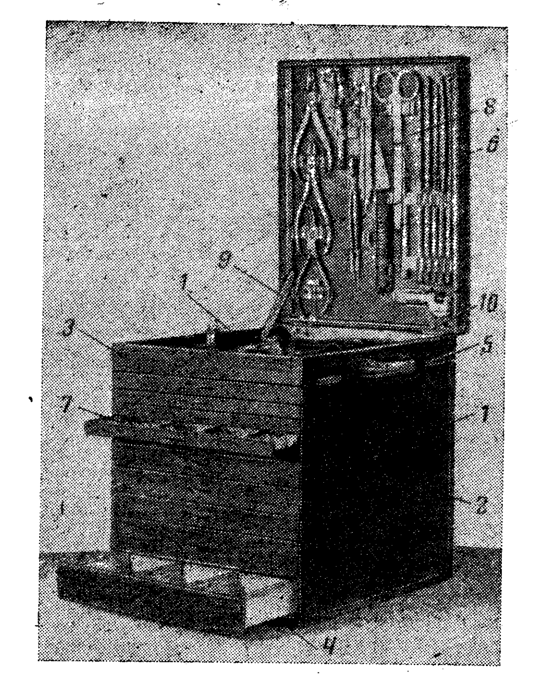


Рис. 5. Кассетница.

1 — боковые стенки; *2* — задняя стенка; *3* — передняя планка; *4* — основание; *5* — перегородка (дно инструментального отсека); *6* — крышка; *7* — направляющие; *8* — доска для крепления инструмента; *9* — распорка-крючок; *10* — петля.

Детали с рис. 6 перечерчивают на лист миллиметровки, а затем при помощи копировальной бумаги переводят на фанеру и выпиливают лобзиком. Шипы при помощи ножа подгоняют к пазам сопрягаемой стенки корпуса. Порядок сборки ящика следующий: к боковым стенкам 1 приклеивают столярным или казеиновым клеем и прибивают мелкими гвоздиками направляющие 7. После высыхания клея боковые кромки и шипы деталей 4, 5 и 6 смазывают клеем и соединяют с боковыми стенками 1. Далее, смазав клеем заднюю и переднюю кромки и шипы, приклеивают заднюю 2 и переднюю 3 стенки. У высохшего корпуса снимают малым рубанком или спиливают драчевым напильником выступающие части шипов. Снаружи, отступя 25 *мм* от верхнего края корпуса, проводят карандашом линию по его периметру. По этой линии (она показана на рис. 6 штриховой линией) ножовочным полотном или шлицерезом распиливают корпус. Края фанеры в месте распила зачищают рубанком или напильником. Отрезанную часть (крышку) соединяют с корпусом двумя петлями. Для того чтобы крышка могла стоять вертикально, устанавливают распорку — крючок 9 (рис. 5).

Выдвижной ящик (рис. 7) состоит из фанерной рамки, склеенной и сбитой гвоздиками, из трех узких и одной широкой (передней) планок. Внутрь рамки вклеена плоская картонная коробка. Ящики разделены на ячейки — мелкие в верхних ящиках и крупные в нижних. Верхние ящики предназначены для крепежа и мелких деталей, средние — для резисторов и конденсаторов, нижние — для подстроечных конденсаторов и переменных резисторов.

Для удобства переноски кассетницы на боковых стенках ее укрепляют две пластмассовые ручки.

После изготовления корпуса кассетницы и ящиков их окрашивают морилкой и покрывают каким-либо лаком. Хорошо подходит для этого мебельный лак НЦ-228. Покрывать лаком надо 5—6 раз, высушивая кассетницу после каждого покрытия в течение 1 *ч*. Пленка этого лака прочна и обладает хорошим глянцем.

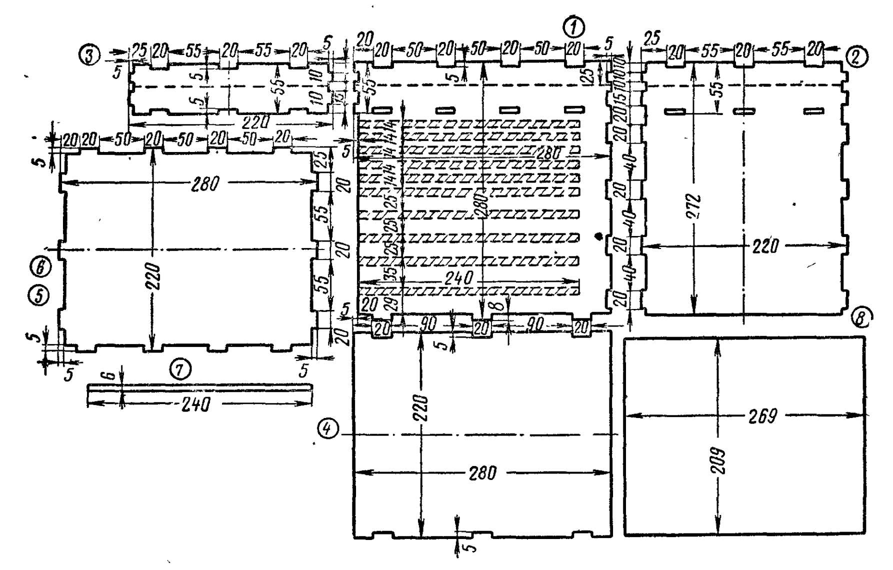


Рис. 6. Детали корпуса кассетницы.

1 — боковые стенки (2 шт.); *2* — задняя стенка (1 шт.); *3* — передняя стенка (1 шт.); *4* — основание (1 шт.); *5* — перегородка (1 шт.); *6* — крышка (1 шт.); *7* — направляющие (20 шт.); *8* — доска для крепления инструмента (1 шт.).
Нумерация деталей соответствует нумерации их на рис. 5. Детали *7* наклеивают на заштрихованные площади детали *1* (на одну деталь *1* наклеить 10 деталей *7*, как показано на рисунке, а на вторую — то же с обратной стороны). Детали, одинаковые по форме, но различные по назначению, обозначены двумя номерами (*5* и *6*).

Инструмент. Радиолюбитель должен иметь основной монтажный и слесарный инструмент (рис. 8): кусачки, плоскогубцы, круглогубцы, пинцет, нож или скальпель, отвертки, ножницы, циркуль-измеритель, надфили, молоток, керн и несколько небольших напильников (достаточно иметь драчевой полукруглый, такой же личной и круглый, диаметром 6 *мм*). Кроме того, нужно иметь небольшую дрель и набор сверл. Существует мнение, что набор сверл должен состоять из ряда сверл с интервалами размером в 0,1 *мм*. В этом случае потребовалось бы иметь в наборе 55 сверл. Как показала практика, можно обойтись значительно меньшим набором сверл. Для сверления отверстий, в которые будут проходить стержни со скользящей посадкой, нужно иметь сверла диаметрами 1, 2, 3, 4, 5 и 6 *мм*.

Обычно применяются винты с резьбой М2; М2,5; М3; М4 и М5. Чтобы для них сверлить отверстия «на проход», нужны сверла диаметрами соответственно 2,2; 3; 3,3; 4,2 и 5,5 *мм*. Для отверстий под резьбу для винтов от М2 до М5 необходимы сверла диаметром 1,6; 2,2; 2,5; 3,3 и 4 *мм*. Таким образом, требуется набор из 15 сверл диаметрами 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,6; 2; 2,2; 2,5; 3; 3,3; 4; 4,2; 5; 5,5 и 6 *мм*. В этом наборе диаметр некоторых сверл «под резьбу» не точно соответствует расчетному, но это несоответствие столь незначительно, что им можно пренебречь. Монтажный и часть самого ходового слесарного инструмента размещают на откидной крышке и в углублении сверху кассетницы.

Для размещения сверл на доске с инструментом служит колодка с отверстиями, соответствующими диаметру сверл (рис. 9). Ее можно изготовить из органического стекла или дерева. Колодку крепят к доске двумя шурупами. Снаружи на колодку наклеивают шильдик с указанием диаметров и назначения сверл (рис. 10).

Одним из основных элементов радиолюбителя является паяльник. Электрические паяльники бывают импульсные (трансформаторные) и с нагрева-

тельной обмоткой. Первые представляют собой понижающий трансформатор, у которого вторичная обмотка выполнена в виде одного или двух витков из толстого медного провода или шины. К вторичной обмотке подключена петля из медного провода диаметром 1,5—2 *мм*, которая и служит нагревательным элементом (рис. 11, *а*). При включении первичной обмотки в электросеть петля нагревается до высокой температуры. Включение обмотки производится кнопкой, укрепленной на трансформаторе. Через 5 *сек* после нажатия кнопки можно производить пайку. При нажатии кнопки зажигается электрическая лампочка, освещающая место пайки. Паяльники этого типа («Момент») выпускает Краснодарский завод тензометрических приборов. Так как рабочий элемент (петля из медной проволоки диаметром 1,5 *мм*) вынесен далеко вперед и имеет малое поперечное сечение, этим паяльником можно производить пайку в малодоступных местах. Благодаря малой массе рабочей части паяльника он особенно подходит для пайки деталей на платах с печатным монтажом. Сравнительно большой вес этого паяльника, по сравнению с весом паяльников других типов, не мешает работе благодаря удобной рукоятке и правильному расположению ее относительно центра тяжести.

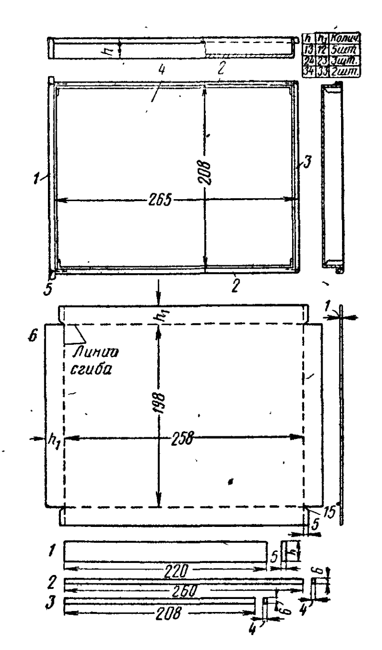


Рис. 7. Ящик кассетницы.

1 — передняя планка; *2* — боковые планки; *3* — задняя планка; *4* — картонная коробка; *5* — гвоздики; *6* — выкройка картонной коробки.

Паяльник этого типа особенно удобен в радиолюбительских условиях, так как он потребляет электроэнергию в момент пайки (50 *вт*), все остальное время он выключен. Кроме экономии электроэнергии, это ценно еще из соображений пожарной безопасности, паяльник нельзя забыть включенным на рабочем месте.

Паяльники с нагревательной обмоткой тоже позволяют производить пайку в труднодоступных местах. Их недостаток заключается в том, что они должны быть включены все время, пока производится монтаж, независимо от того, как часто производится пайка. Эти паяльники бывают неразборные и разборные. Первые (рис. 11, *б*) имеют нагревательные обмотки, намотанные на заводе. При перегорании такого паяльника его обмотку приходится перематывать, что представляет определенные трудности (отсутствие необходимых материалов у радиолюбителя, сложность намотки).

Ленинградский завод «Севкабель» изготовляет также разборные паяльники марки ЭПКС со сменным нагревательным элементом (рис. 11, *в*). В комплект такого паяльника входит запасная нагревательная спираль (рис. 11, *д*). Кроме того, в продаже имеются собранные нагревательные элементы (рис. 11, *г*). Разборный паяльник долговечен, так как заменить нагревательную спираль или элемент очень просто, для этого нужна только отвертка.

Для паяльника необходима подставка. Ее можно изготовить из дощечки и двух металлических полосок (*17* на рис. 8).

Инструмента и приспособлений, показанных на рис. 8, 9 и 11, достаточно для изготовления несложных приемников и другой простейшей радиоаппаратуры, в том числе и карманных приемников на транзисторах.

Для изготовления сложной радиоаппаратуры необходимо иметь более полный набор слесарного и в ряде случаев столярного инструмента. Подходят для радиолюбителя наборы слесарного инструмента, имеющиеся в продаже.

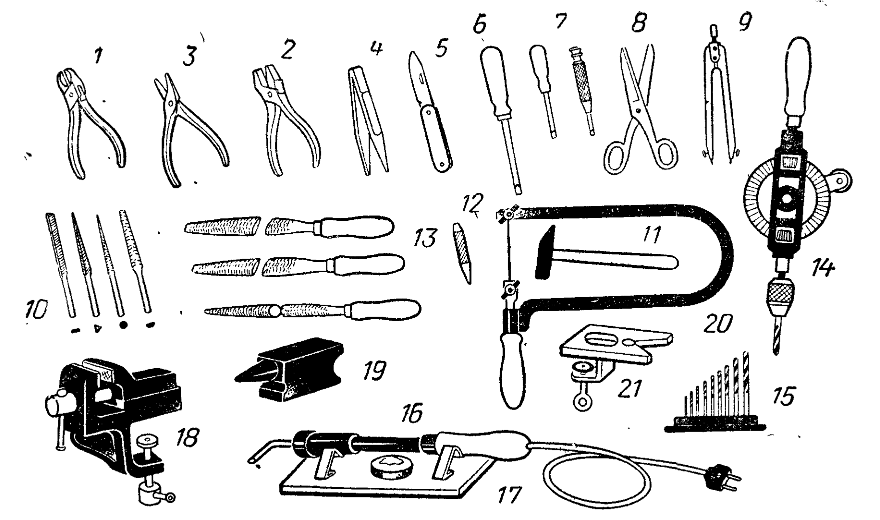


Рис. 8. Инструмент.

1 — кусачки; *2* — плоскогубцы; *3* — круглогубцы; *4* — пинцет; *5* — нож; *6* — большая отвертка; *7* — малые отвертки (2 шт.); *8* — ножницы; *9* — циркуль-измеритель; *10* — надфили (4 шт.); *11* — молоток; *12* — керн; *13* — напильники (3 шт.); *14* — дрель; *15* — набор сверл; *16* — паяльник; *17* — подставка под паяльник; *18* — тиски настольные; *19* — наковальня; *20* — лобзик; *21* — струбцинка к лобзику.

Из них наиболее подходящим является набор московского завода «Калибр» (стоимость 12 р. 80 к.), который содержит весь необходимый инструмент, уложенный в удобный для хранения деревянный чемоданчик.

Полный набор столярного инструмента радиолюбителю иметь необязательно, так как обычно многие столярные изделия приходится заказывать. Однако столярные изделия из фанеры радиолюбитель легко может изготовлять сам. В этом случае кроме лобзика понадобятся небольшой рубанок, стамески (прямая и полукруглая, шириной 8 *мм*) и ножовки для дерева с мелким зубом.

Для приготовления столярного клея нужна клеянка, которую можно изготовить из двух жестяных банок разных размеров (рис. 12). Во внутренней банке находится клей, а в наружной вода. При разогревании клея в такой клеянке он не подгорает.

Рис. 9. Колодка для сверл.

0,6 ↓ 1 ↓ 1,6 2 2,2 2,5 3 3,3 4 4,2 5 5,5 6
0,8 1,2 М2 М2,5 М3 М4 М5 М6

Рис. 10. Шильдик к колодке для сверл.

Таков средний набор инструментов и приспособлений. Можно его значительно сократить, но это приведет к некоторому усложнению работы при изготовлении того или иного изделия.

Крепление инструмента на откидной крышке в верхней части кассетницы осуществляется с помощью скоб из луженой жести шириной 15 *мм* (их можно изготовить из консервных банок). Форма скоб и крепление их показаны на рис. 13.

Измерительная аппаратура. Без измерительной аппаратуры, хотя бы простейшей, радиолюбитель не сможет наладить даже самый несложный радиоаппарат. Поэтому нужно иметь универсальный измерительный прибор (авометр). Он может быть самодельным или заводским. Прибор должен обладать входным сопротивлением не меньше 5 000 *ом/в*. При более низком входном сопротивлении прибор при измерении режимов радиоламп будет давать неправильные показания. Из приборов, которые имеются в продаже, подходит вольтомметр Ц-430. Однако этим прибором нельзя измерять ток. Поэтому кроме него нужно иметь миллиамперметр.

При налаживании сложной радиоаппаратуры может понадобиться целый ряд измерительных приборов (сигнал-генератор, звуковой генератор, осциллограф и т. п.). Начинающему радиолюбителю иметь эту аппаратуру необязательно, так как пользоваться ею он будет редко, а места она занимает много. Налаживание радиолюбительских конструкций с использованием этой измерительной аппаратуры всего лучше производить в местном радиоклубе.

Освещение рабочего места. Стол радиолюбителя должен быть хорошо освещен дневным светом и поэтому лучше всего поставить его у окна. При искусственном освещении рабочего места следует применять лампочку не более 40—50 *вт*. Расположение источника света и осветительной арматуры надо выбрать так, чтобы глаза были полностью защищены от непосредственного воздействия лампочки. Блескость (ослепляющее действие на глаза источника света) вызывает утомление глаз и затрудняет работу.

Лампочка должна иметь отражатель достаточной глубины, чтобы утопать в нем целиком. Внутренняя поверхность отражателя должна быть покрыта белой эмалью или алюминиевой краской для равномерного отражения света.

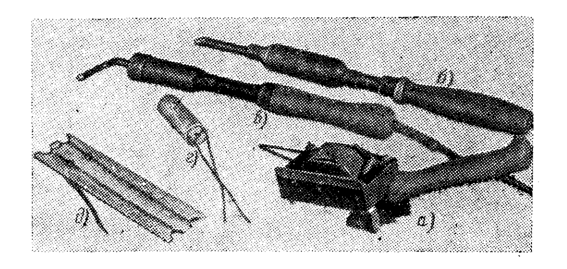


Рис. 11. Типы паяльников.

а — трансформаторный (самодельный); *б* — с нагревательной обмоткой, неразборный; *в* — то же со сменным нагревательным элементом; *г* — запасной нагревательный элемент; *д* — запасная спираль.

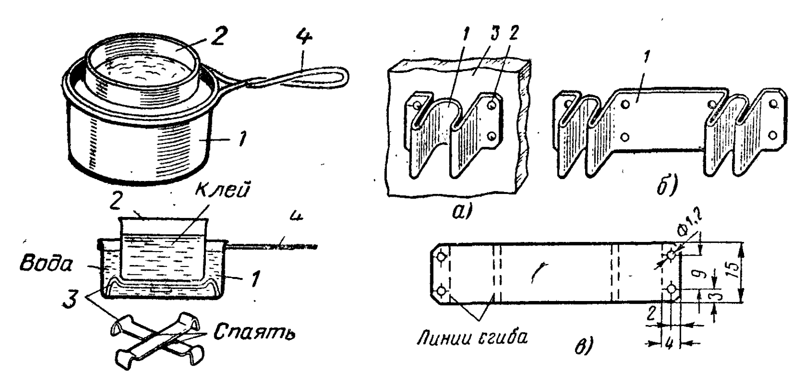


Рис. 12. Клеянка.

1 — наружная банка; *2* — внутренняя банка; *3* — подставка под внутреннюю банку; *4* — проволочная ручка.

Рис. 13. Жестяные скобы для крепления инструмента на крышке кассетницы.

а — одинарная; *б* — двойная; *в* — выкройка скобы; *1* — скоба; *2* — гвоздики; *3* — доска инструментальная.

Очень удобен для освещения рабочего места фотоосветитель с пружинным зажимом. Для более универсального использования к нему можно пристроить подставку (рис. 14). Ее детали изготовляют из фанеры, зачищают шкуркой и склеивают столярным клеем. Склеенную подставку еще раз зачищают шкуркой, окрашивают ореховой морилкой и покрывают несколько раз лаком НЦ-228.

Осветитель с подставкой можно использовать как настольную лампу, как бра, а без подставки крепить в любом положении, на спинке стула или какой-либо другой мебели (рис. 15).

Вместо металлического рефлектора к осветителю можно изготовить простой абажур (рис. 16). К донышку, сделанному из 6—8-*мм* фанеры, прикреп-

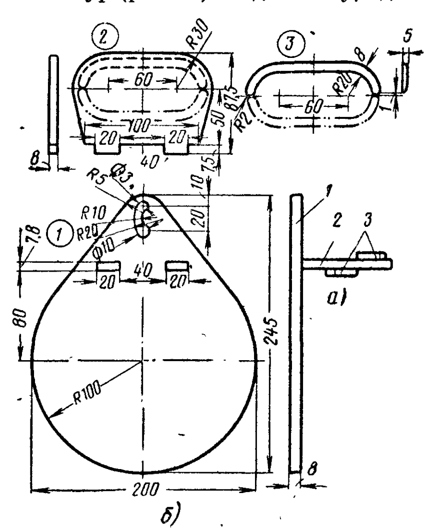


Рис. 14. Общий вид подставки под осветитель (*а*) и ее детали (*б*).

1 — основание; *2* — полка; *3* — накладка (2 шт.).

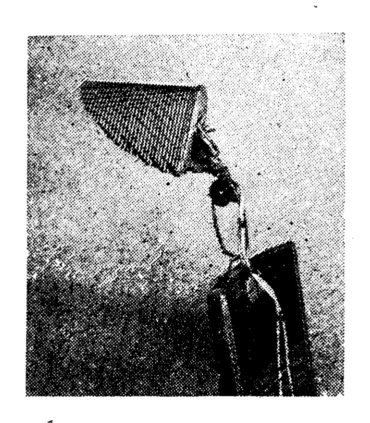


Рис. 15. Внешний вид осветителя с абажуром.

ляют металлический уголок для крепления абажура и маленькими гвоздиками прибивают полупрозрачный козырек. Последний лучше сделать из тонкого цветного стеклотекстолита. Под гвоздики подкладывают стеклотекстолитовую полоску или матерчатую тесьму.

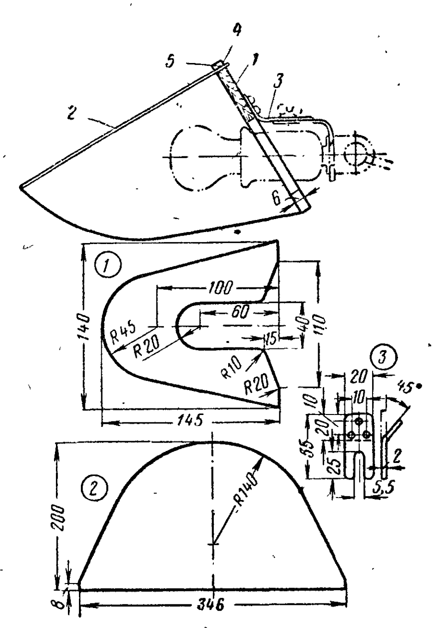


Рис. 16. Абажур к осветителю.

1 — донышко; 2 — козырек; 3 — кронштейн; 4 — тесемка; 5 — гвоздики.

ВЫБОР РАДИОДЕТАЛЕЙ [1]

Указываемые на принципиальных схемах сведения о конденсаторах и резисторах, как правило, бывают недостаточны для их выбора. Надо уметь правильно оценить все требования к каждой радиодетали и выбрать наиболее подходящий ее тип.

Постоянные резисторы. Кроме номинального значения сопротивления (сокращенно номинал), важными характеристиками резистора являются номинальная мощность рассеяния, допускаемое отклонение от номинального значения сопротивления (сокращенно допуск), температурная стабильность резистора, сохранность величины резистора в течение времени, собственная индуктивность, собственная емкость.

Резисторы широкого применения выпускают с допускаемыми отклонениями от номинала ±20, ±10 и ±5%. Для измерительной аппаратуры изготовляют специальные резисторы с отклонением от номинала ±0,5% и меньше.

Номинальная мощность рассеяния резистора — наибольшая мощность, которую он может рассеивать при температуре окружающего воздуха не более некоторой граничной: например, 40° С для резисторов типа ВС; 70° С для резисторов типа МЛТ. При более высокой температуре допустимая мощность рассеивания снижается.

Собственная (паразитная) *индуктивность* и *емкость* резистора зависят от его конструкции. Резисторы, включенные в высокочастотные цепи, должны иметь возможно меньшие индуктивности и емкости.

Проволочные резисторы отличаются высоким постоянством электрического сопротивления. Эти резисторы могут рассеивать значительные мощности (порядка десятков ватт) при сравнительно малом нагреве.

Проволочные резисторы наматывают на каркасы из изоляционных материалов, выдерживающих температуру до 300° С. Распространенными типами проволочных резисторов являются резисторы типов ПЭ и ПЭВ (рис. 1,*а*), выпускаемые на мощности от 2,5 до 150 *вт*. Их основанием служит керамическая трубка; проволочная обмотка залита стекловидной эмалью, предохраняющей проволоку от механических деформаций и влияния влаги. Поскольку обмотка обладает заметной индуктивностью, проволочные резисторы применяют в основном в цепях постоянного тока.

В целях снижения индуктивности применяют бифилярную намотку, т. е. намотку сложенным вдвое проводом (рис. 1, *в*), при которой магнитные поля обеих половин обмотки взаимно уничтожаются. Уменьшению индуктивности

[1] Лабутин В. К. Книга радиомастера. Новая редакция. Госэнергоиздат (Массовая радиобиблиотека), 1964.

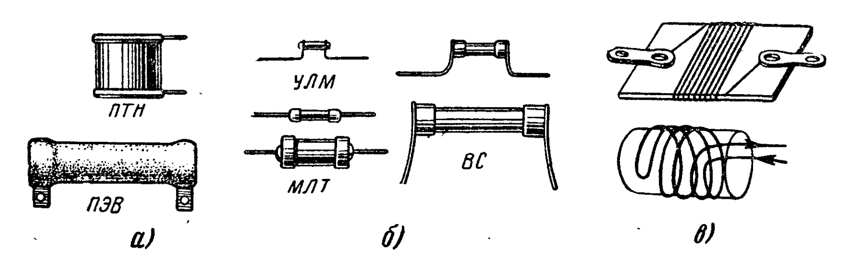


Рис. 1. Постоянные резисторы.

а — проволочные; *б* — непроволочные с малой индуктивностью; *в* — проволочные с малой индуктивностью.

содействует также применение тонкого провода (0,02—0,05 *мм*) и плоских каркасов из тонких пластинок диэлектрика, например слюды.

Непроволочные резисторы представляют собой керамические стержни или трубки, на поверхности которых нанесен тонкий слой углерода (резисторы типа ВС, УЛИ) или специального металлического сплава (резисторы типа МЛТ, МЛП). Стабильность современных непроволочных резисторов (типов ВС, МЛТ, УЛМ) достаточно высока. Особенно высокой стабильностью обладают специальные типы непроволочных резисторов, предназначенных для измерительной аппаратуры (УЛИ, БЛП, МЛП).

Непроволочные резисторы выпускают с номиналами от 27 *ом* до 10 *Мом* и на мощности от 0,125 до 10 *вт*. Они обладают очень малыми паразитными индуктивностями и емкостями и могут применяться в любых цепях радиоэлектронной аппаратуры.

Переменные резисторы (рис. 2) подразделяют в зависимости от числа выводов, служащих для включения их в схему, на *реостаты* (два вывода) и *потенциометры* (три вывода и более).

Кроме переменных резисторов, предназначенных для работы в качестве регуляторов, снабжаемых ручками, применяются подстроечные резисторы, сопротивление которых изменяют лишь при налаживании прибора или ремонте. Подстроечные резисторы имеют ось со шлицем для отвертки (СП-1, СПЗ-1) либо передвижной хомутик (проволочные резисторы ПЭВ-Р).

Проволочные переменные резисторы выпускают с номинальными сопротивлениями от единиц ом до 15—50 *ком*, причем наиболее распространены низкоомные номиналы.

Непроволочные переменные резисторы выпускают с широким ассортиментом номиналов (от 51 *ом* до 7,5 *Мом*) и на номинальные мощности рассеяния от 0,15 до 2 *вт*.

Характеристикой переменного резистора является закон, по которому увеличивается его сопротивление при вращении ручки по часовой стрелке. По этому признаку резисторы делят на три группы: *А* — с линейным законом (равномерное изменение сопротивления), *Б* — с логарифмическим законом (в начале вращения оси сопротивление увеличивается быстро, а затем все меньше и меньше) и *В* — с показательным законом (вначале сопротивление увеличивается медленно, а затем все быстрее и быстрее) (рис. 3).

Выпускаются сдвоенные переменные резисторы двух видов: два переменных резистора с общей осью для одной общей ручки и два переменных резистора с независимым управлением при помощи сдвоенной ручки.

Распространены также переменные резисторы, объединенные с выключателем, контакты которого размыкаются при повороте ручки против часовой стрелки до отказа. Резисторы ТКД применяют в стационарной аппаратуре, а СПЗ-3 и СПЗ-4 в переносной транзисторной.

Выбор резистора надо производить в соответствии с рассеиваемой в нем мощностью. Резисторы, включаемые в цепи с током высокой частоты (в колебательные контуры, цепи управляющих сеток и анодов ламп), должны быть безындуктивными, поэтому здесь, как правило, применяют непроволочные

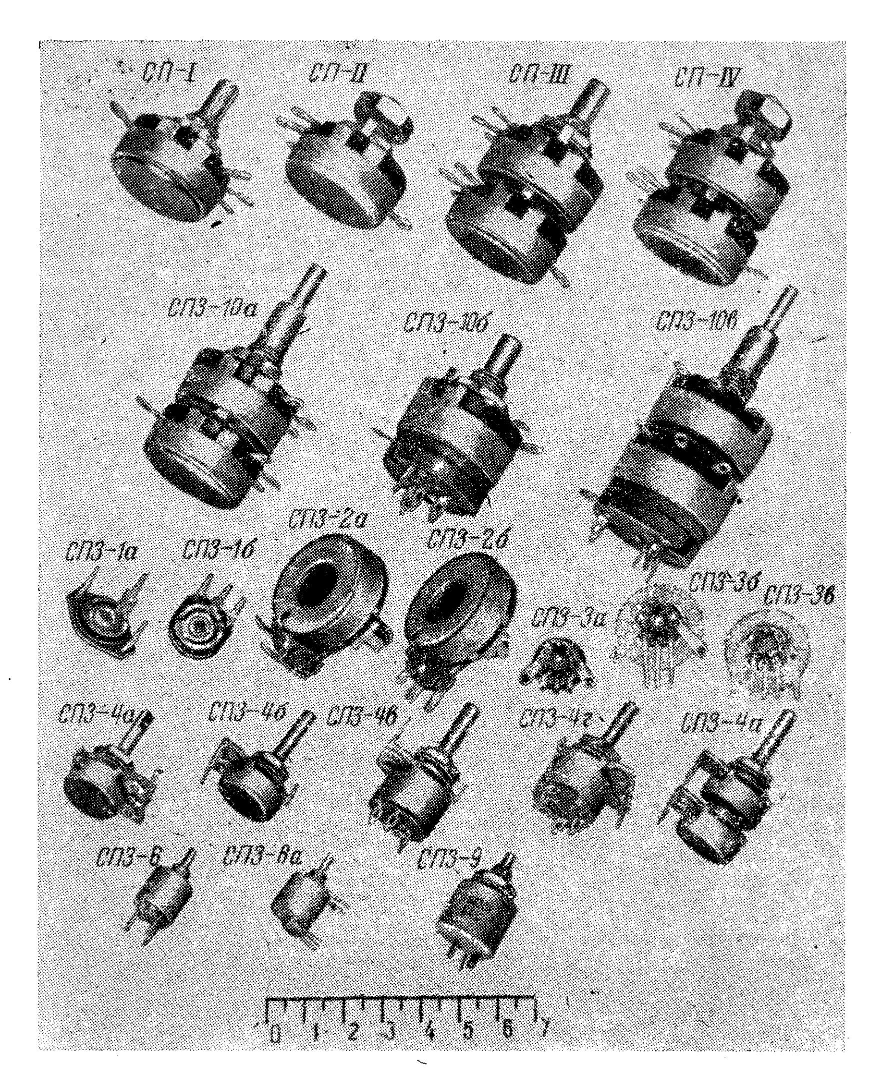


Рис. 2. Непроволочные переменные и подстроечные резисторы.

резисторы, тем более, что при незначительных мощностях, обычно имеющих место в указанных цепях радиоприемной аппаратуры, эти резисторы обладают малыми габаритами и минимальными емкостями.

В цепях постоянного тока приемно-усилительной аппаратуры проволочные резисторы применяют лишь при необходимости рассеивать мощность более 2—5 *вт* (балластные резисторы, анодные фильтры) или при отсутствии среди непроволочных нужного номинала (низкоомные резисторы в цепях накала электронных ламп и в схемах с транзисторами).

В анодных цепях радиоприемников и усилителей следует применять резисторы с мощностью рассеивания 0,25—1 *вт* (чем больше сопротивление резистора и чем меньше анодное напряжение, тем меньше рассеивается мощность), в цепях экранирующих сеток — на мощность 0,5 *вт*, в цепях управ-

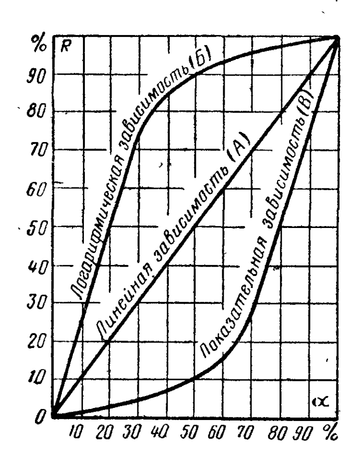


Рис. 3. Зависимость сопротивления переменных резисторов R в процентах от угла поворота оси (вращение оси по часовой стрелке).

ляющих сеток — 0,125—0,25 *вт*. В каскадах на транзисторах (кроме выходных каскадов с мощными транзисторами) обычно применяют резисторы с номинальной мощностью рассеяния 0,125 *вт* (например, ВС-0,125, МЛТ-0,125).

В измерительной аппаратуре, где требуются высокая точность и постоянство сопротивлений, желательно применять проволочные резисторы, причем для измерений на переменных токах они должны быть бифилярными.

Проволочные резисторы, сопротивление которых не должно заметно изменяться при нагреве, изготовляют из материалов, которым следует отдавать предпочтение в следующем порядке: манганин, константан, никелин. Аналогичными соображениями пользуются при выборе переменных резисторов. Высокоомные реостаты и потенциометры, от которых не требуется рассеяния большой мощности (регуляторы громкости и тембра), выбираются непроволочными; низкоомные регуляторы, особенно при большой их нагрузке током, делаются проволочными.

Чтобы регулировка громкости осуществлялась плавно в широких пределах, применяют переменные резисторы с экспоненциальной зависимостью (типа В). В качестве регулятора тембра также часто нужны переменные резисторы с нелинейной зависимостью (типа В или Б), но есть схемы (обычно при включении регулятора в цепь обратной связи), которые требуют линейной зависимости сопротивления (типа А) (рис. 3).

Конденсаторы постоянной емкости. Номинальной емкостью конденсатора называется емкость, которой маркирован конденсатор. При температуре 20° С истинная емкость конденсатора может отличаться от номинальной не больше, чем указано на нем.

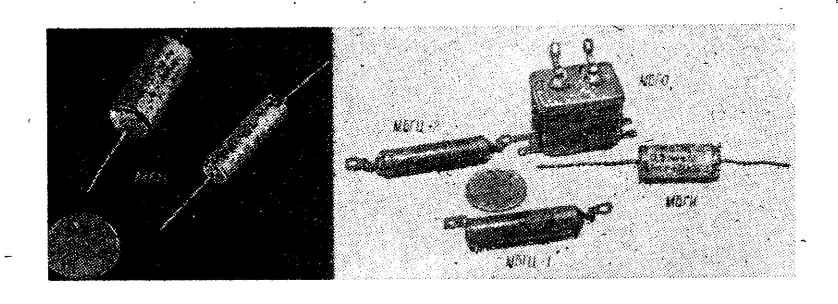
В большинстве случаев допускаемое отклонение от номинала не превышает ±20 или ±10%. У электролитических конденсаторов и керамических конденсаторов некоторых типов (с оранжевой окраской) емкость может превышать номинальную в 2 раза.

Температурный коэффициент емкости. Для оценки зависимости емкости от температуры введен температурный коэффициент емкости (ТКЕ), который показывает, на какую долю увеличивается емкость конденсатора при повышении температуры на 1° С.

Изменение емкости конденсатора под влиянием температуры редко превышает несколько процентов и в ряде случаев не имеет практического значения, но в измерительной аппаратуре и резонансных цепях такое отклонение оказывает существенное влияние на работу радиоаппарата в целом.

Пробивное напряжение — напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика, сопровождающийся частичным разрушением его и обычно коротким замыканием обкладок конденсатора (исключая, конечно, воздушные и вакуумные конденсаторы). Иногда после пробоя наблюдается не короткое замыкание, а увеличенная утечка тока через место пробоя диэлектрика. В этих случаях сопротивление изоляции конденсатора постоянному току может составлять десятки и даже сотни ом.

Испытательное напряжение — напряжение, при котором конденсатор испытывается на электрическую прочность при выпуске на заводе. Обычно это напряжение в 2—3 раза превышает номинальное напряжение, тем не менее использовать конденсатор в аппаратуре при подобных значениях напряжения нельзя, так как это значительно сокращает срок службы конденсатора.



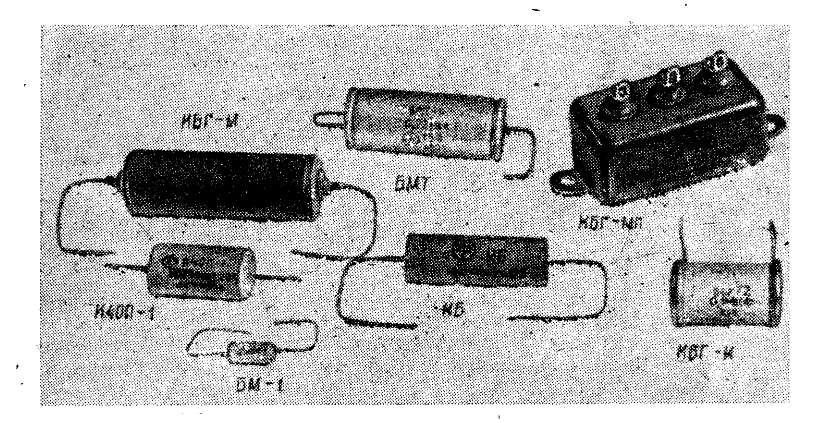


Рис. 4. Металлобумажные и бумажные конденсаторы постоянной емкости.

Номинальное напряжение — рекомендуемое заводом предельное напряжение на обкладках конденсатора, при котором гарантируются установленный срок его службы и его электрические параметры. На конденсаторе обычно обозначают номинальное напряжение постоянного тока.

Допускаемое напряжение переменного тока должно быть в несколько раз меньше номинального напряжения постоянного тока.

Конденсаторы постоянной емкости чаще всего изготовляют со следующими диэлектриками: бумажным, слюдяным, керамическим, пленочным и оксидным (электролитические). Существуют также вакуумные, воздушные и газонаполненные конденсаторы постоянной емкости, но в радиоприемной и усилительной аппаратуре они не применяются.

Бумажные конденсаторы (рис. 4) состоят из лент тонкой фольги и проложенных между ними лент специальной конденсаторной бумаги. Эти ленты свертываются в виде рулонов или галет, которые опрессовывают пластмассой, упаковывают в картонные или фарфоровые трубки либо в жестяные кожухи. Бумажные конденсаторы выпускают емкостью от 470 *пф* до 10 *мкф* на номинальные напряжения постоянного тока от 160 до 1 500 *в*. Отклонение номинала у них составляет $\pm 10 \div 20\%$, емкость не отличается высокой стабильностью. Такие конденсаторы непригодны для колебательных контуров.

В металлобумажном конденсаторе фольга заменена тонким слоем металлизации, нанесенным непосредственно на поверхность бумажной ленты. Конденсаторы такого типа (МБГП, МБГЦ, МБМ) имеют меньшие габариты, чем обычные бумажные, и обладают свойством самовосстановления при кратковременном электрическом пробое (тончайший слой металлизации испаряется током короткого замыкания в месте пробоя).

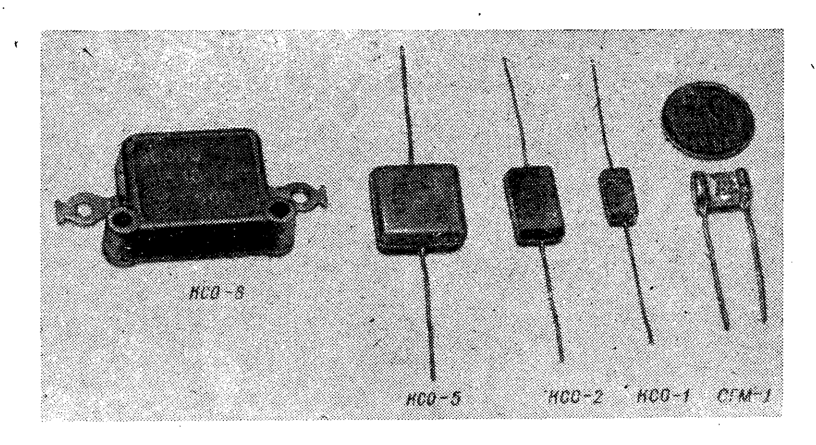


Рис. 5. Слюдяные конденсаторы постоянной емкости.

У некоторых типов бумажных конденсаторов выводы не припаиваются к обкладкам, а лишь прижимаются к ним (например, БМ-1). Надежное контактирование обеспечивается у таких конденсаторов лишь при приложении постоянного напряжения не ниже 10 *в*.

Слюдяные конденсаторы (рис. 5), состоящие из большого числа обкладок фольги, переложенных пластинами из слюды, обычно обжимаются и запрессовываются в пластмассовую оболочку (тип КСО). В конденсаторах лучшей конструкции обкладки представляют собой тонкие слои серебра, нанесенные непосредственно на слюду.

Номинальные емкости опрессованных конденсаторов 51—30 000 *пф*. Допуски бывают ±2, ±5, ±10 и ±20%. Рабочие напряжения слюдяных конденсаторов 250—5 000 в.

Керамические конденсаторы (рис. 6) выполняются в виде пластинок или трубок, на обеих поверхностях которых наносятся слои металла, выполняющие роль обкладок. Высокая стабильность емкости во времени у этих конден-

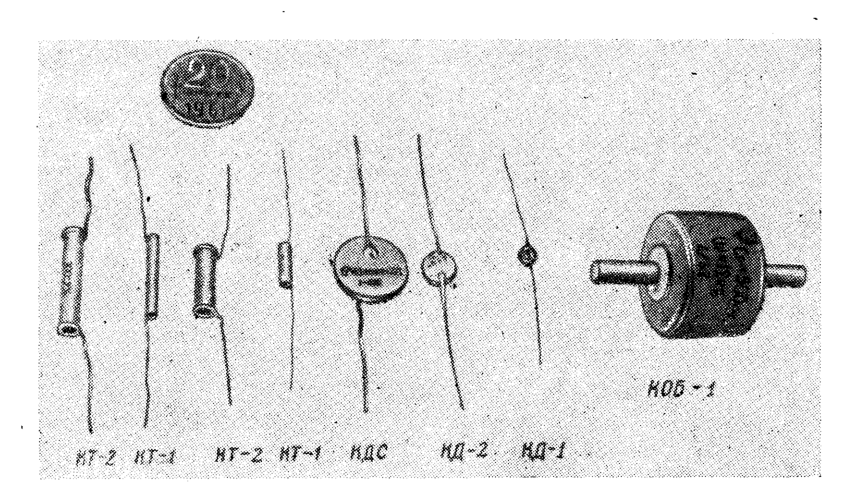


Рис. 6. Керамические конденсаторы постоянной емкости.

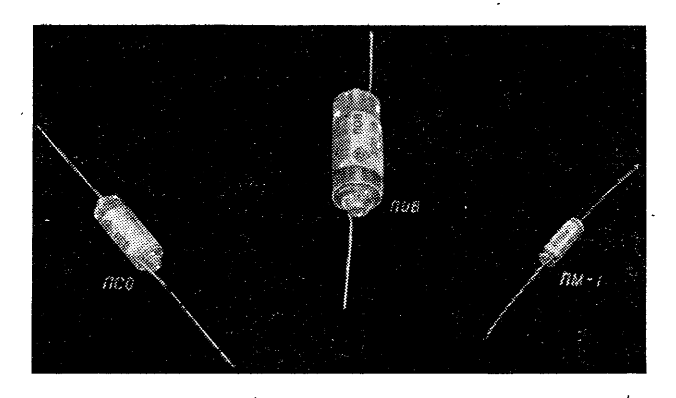


Рис. 7. Пленочные конденсаторы постоянной емкости.

саторов объясняется отсутствием между твердым диэлектриком и обкладками воздушной прослойки.

Номинальные емкости малогабаритных керамических конденсаторов лежат в пределах 1—20 000 *пф*, номинальные напряжения — от 150 до 500 *в* постоянного тока. Керамические конденсаторы с различными ТКЕ различают по цвету их корпусов. Синие и серые конденсаторы обладают небольшим положительным ТКЕ, т. е. при повышении температуры их емкость увеличивается. У голубых конденсаторов ТКЕ близок к нулевому значению или имеет небольшое отрицательное значение: с повышением температуры на 1 *град* их емкость изменяется на относительную величину не более 0,0001. Поскольку емкость синих, серых и голубых керамических конденсаторов мало подвержена изменениям температуры, их называют термостабильными конденсаторами.

Конденсаторы, окрашенные в красный и зеленый цвет, также обладают отрицательными ТКЕ, но большими по абсолютной величине. Последние часто называют термокомпенсирующими. Их применяют в резонансных контурах с целью улучшения постоянства настройки последних в условиях переменной температуры окружающей среды.

Конденсаторы всех упомянутых выше цветов используют в высокочастотных цепях, где важно иметь высокие добротности.

Для керамических конденсаторов оранжевой окраски ТКЕ не нормируется. В диапазоне температур от —60 до +85° С емкость таких конденсаторов может значительно измениться по сравнению с емкостью, измеренной при нормальной температуре (20° С). Так, например, емкость оранжевого конденсатора с синей точкой может при этом уменьшиться вдвое, а с белой маркировочной точкой даже в 10 раз. Такие конденсаторы можно использовать только в качестве блокировочных или в развязывающих ячейках каскадов усиления высокой и промежуточной частоты.

Керамические конденсаторы, в особенности миниатюрные, обладают наименьшими паразитными индуктивностями.

Пленочные конденсаторы (рис. 7). Освоение синтетических материалов способствовало появлению новых конденсаторов с диэлектриком в виде тонкой пленки из полистирола, фторопласта и лавсана. Полистирольные конденсаторы имеют номинальные емкости от 51 *пф* до 0,03 *мкф* и выпускаются на номинальные напряжения от 60 *в* (ПМ) до 15 *кв* (ПОВ).

Пленочные конденсаторы обладают исключительно высоким сопротивлением изоляции (более 50 000 *Мом*), высокой стабильностью емкости и работоспособностью до частот в несколько мегагерц.

Недостаток конденсаторов из полистирольной пленки заключается в их низкой теплостойкости (не выше 60° С). Конденсаторы с диэлектриком из лавсана работоспособны при более высоких температурах.

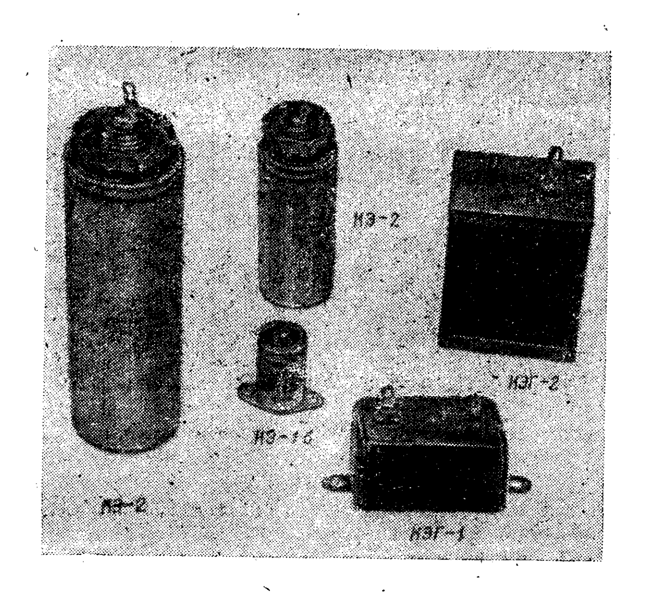




Рис. 8. Электролитические конденсаторы.

Электролитические конденсаторы (рис. 8) представляют собой особую группу конденсаторов. Диэлектриком в них служит чрезвычайно тонкая оксидная пленка на поверхности алюминиевой фольги, формируемая путем электролиза.

Достоинством электролитических конденсаторов является возможность получения очень больших емкостей (до тысяч микрофарад) при малых габаритах. Но эти конденсаторы могут работать лишь при постоянном напряжении (причем необходимо строгое соблюдение его полярности) и переменная составляющая не должна превышать 2—10% этого напряжения. Чем выше частота переменной составляющей, тем больше уменьшается емкость конденсатора. Так, при частоте пульсации 400 *гц* емкость в среднем уменьшается вдвое, при частоте 5 000—10 000 *гц* она снижается до 0,2 номинальной по сравнению с емкостью при частоте пульсации 50 *гц*, а при высоких частотах обращается в нуль.

Все электролитические конденсаторы обладают значительным током утечки, нормально равным десяткам микроампер на 1 *мкф* емкости у высоковольтных и единицам микроампер на 1 *мкф* у низковольтных конденсаторов. Повышение рабочей температуры приводит к сильному росту тока утечки. При длительном хранении электролитические конденсаторы заметно снижают свою емкость, а в иных случаях теряют ее совсем. Для предотвращения этого бездействующие электролитические конденсаторы рекомендуется время от времени ставить под напряжение.

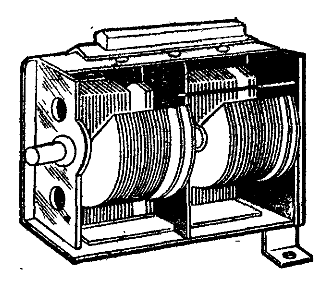


Рис. 9. Сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости с УКВ секциями.

Ассортимент выпускаемых электролитических конденсаторов определяется диапазоном емкостей от 2 до 120 *мкф* при рабочих напряжениях 150—400 *в* и до 4 000 *мкф* при низких рабочих напряжениях (4—100 *в*).

Отклонение емкости электролитических конденсаторов от номинала может составлять от —20 до +50% (у конденсаторов типа ЭМ до +100%).

Особенно большую емкость на единицу объема имеют электролитические конденсаторы типов ЭТ и ЭТО, в которых вместо алюминия применен тантал, отличающиеся к тому же высокой нагревостойкостью (до 100° С).

Конденсаторы переменной емкости изготовляют с воздушным и твердым диэлектриком, которым служит полистирольная или иная пленка. Пределы изменений емкости для первых составляют обычно 15—500 *пф*, для вторых — от 20—50 до 150—1 000 *пф*. Они применяются главным образом для настройки колебательных контуров.

Воздушные конденсаторы отличаются высокими качествами и постоянством параметров и градуировки, что в меньшей мере свойственно конденсаторам с твердым диэлектриком.

Конденсаторы переменной емкости с твердым диэлектриком применяют только в малогабаритных (переносных) транзисторных приемниках.

Наряду с одиночными конденсаторами переменной емкости для целей одновременной настройки нескольких колебательных контуров выпускают сдвоенные, строенные и счетверенные блоки. На рис. 9 представлен блок конденсаторов переменной емкости радиовещательного приемника, состоящий из двух секций для настройки в диапазонах ДВ, СВ, КВ и двух малых секций для настройки колебательных контуров УКВ блока.

Для точного согласования емкостей всех секций в блоках конденсаторов переменной емкости крайние подвижные пластины каждой секции делают разрезными, чтобы отдельные части их можно было слегка отгибать.

Конденсаторы переменной емкости с малой конечной емкостью (до 10—60 *пф*) называют подстроечными. В качестве диэлектрика в них часто применяют керамику (рис. 10). Лучшими из подстроечных конденсаторов являются воздушные на фарфоровом основании и керамические, причем последние обладают тем преимуществом, что при одинаковой максимальной емкости они по размерам меньше воздушных.

Выбор конденсаторов. Во всех цепях высокой частоты следует применять воздушные керамические, слюдяные, пленочные конденсаторы или безындукционные бумажные (при необходимой емкости более 1 000—5 000 *пф*).

В цепях экранирующих сеток ламп, в анодных фильтрах высокочастотных каскадов для развязывания цепей допустимо применять безындукционные бумажные конденсаторы; при этом должна быть заземлена или соединена с проводом общего минуса наружная обкладка конденсатора. В низкочастотных каскадах все конденсаторы могут быть бумажными.

При выборе конденсатора связи каскадами на лампах надо убедиться в том, что он обладает при рабочем напряжении достаточно высоким сопротивлением изоляции (не менее 500 *Мом*). В цепях сеточного смещения и экранирующих сеток, а также в анодных фильтрах низкочастотных каскадов можно

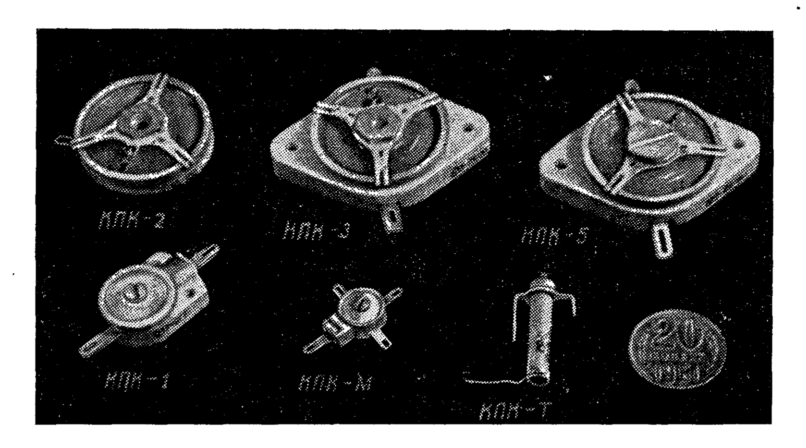


Рис. 10. Подстроечные керамические конденсаторы.

применять электролитические конденсаторы. Последние используют и в качестве конденсаторов междукаскадной связи низкой частоты на транзисторах.

В цепях питания для сглаживания пульсации выпрямленного тока применяют преимущественно электролитические конденсаторы. Для блокировки цепей питания с переменным током, а в том числе обмоток трансформаторов, применяются бумажные и слюдяные конденсаторы.

Все конденсаторы должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы они работали под напряжением, не превышающим их номинального напряжения. Если переменная составляющая напряжения мала (что имеет место во всех каскадах усиления высокой и промежуточной частоты, а также в цепях первого каскада низкой частоты приемника), то достаточно учитывать только постоянное напряжение на конденсаторе. Но в цепях оконечного каскада и выпрямителя надо учитывать также и переменную составляющую, причем ее надо по крайней мере утраивать и прибавлять к напряжению постоянной составляющей, потому что всегда возможны случайные пики напряжения, которые могут пробить диэлектрик конденсатора.

Индуктивности. Важнейшую группу индуктивностей составляют катушки для резонансных контуров, значительная часть которых делается переменными или подстраиваемыми, так что их индуктивность можно в некоторых пределах изменять. Затем идет группа катушек с постоянной индуктивностью, называемых дросселями. Они служат для преграждения пути переменным током и выполняются с ферромагнитными сердечниками и без них.

Высокочастотные контурные катушки (рис. 11) совместно с конденсаторами служат для образования колебательных контуров, настраивающихся на строго заданные частоты. Поэтому индуктивность контурных катушек не должна изменяться с течением времени. Поскольку точно изготовить катушку заданной индуктивности очень трудно, то, как правило, конструкция контурных катушек предусматривает возможность точной подгонки ее индуктивности. Средства регулирования величины индуктивности высокочастотных катушек показаны на рис. 12.

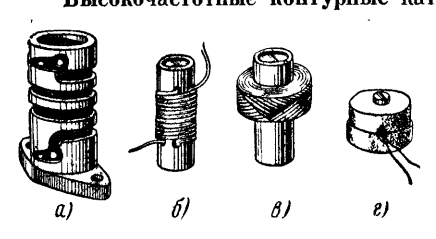


Рис. 11. Контурные катушки.

а — ультракоротковолновая; витки в виде металлической пленки нанесены на каркас; *б* — однослойная коротковолновая; *в* — для средних и длинных волн, намотка типа «Универсаль»; *г* — то же в броневом сердечнике.

У контурных катушек желательно иметь по возможности большую

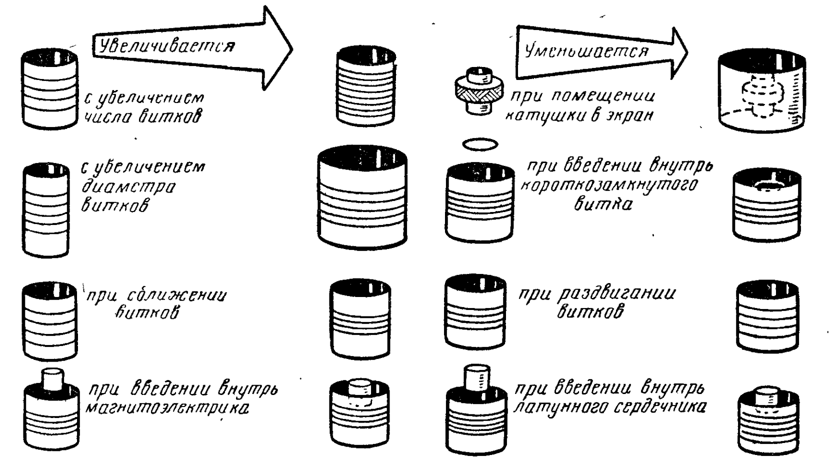


Рис. 12. Как изменяется индуктивность катушки.

добротность[1]. Для ее повышения, а также для достижения наибольшего постоянства параметров катушки очень важно применять для каркасов катушек высококачественные изоляционные материалы. Желательно также уменьшать массу изоляционных материалов, особенно в катушках для коротких и ультракоротких волн.

Применение высокочастотных ферромагнитных сердечников облегчает получение высокой добротности.

Дроссели. Конструкция дросселя зависит от того, колебания каких частот он должен задерживать. Чтобы хорошо выполнить свое назначение при высоких частотах, дроссель должен обладать малой собственной емкостью и относительно большим числом витков (до 500—1 000 витков для длинных волн).

Для уменьшения собственной емкости ультракоротковолновые дроссели наматывают в один слой с переменным шагом, а коротковолновые, средневолновые и длинноволновые секционируют (рис. 13), причем числа витков в секциях берут различными.

Уменьшить необходимое число витков и тем самым понизить собственную емкость высокочастотного дросселя удается выполнением его на сердечнике из феррита или магнитодиэлектрика (особенно хороши ферритовые цилиндрические и тороидальные сердечники).

Низкочастотные дроссели с сердечником из стальных пластин применяют в сглаживающих фильтрах выпрямителей. Особенностью их работы является наличие постоянной составляющей тока через обмотку. Это влечет за собой необходимость воздушного зазора в сердечнике.

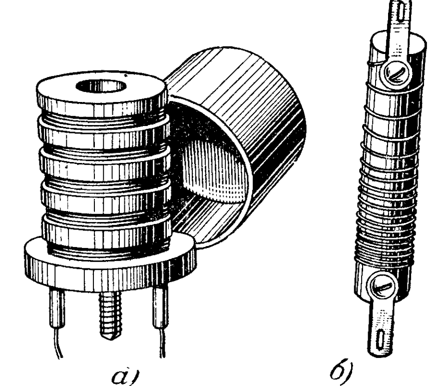


Рис. 13. Высокочастотные дроссели.

а — с многослойной намоткой секционированный; *б* — однослойный для УКВ диапазона.

[1] Добротность катушки — отношение ее индуктивного сопротивления к активному сопротивлению. Чем больше добротность катушки, тем острее резонанс в контуре, где она применена. (*Прим. ред.*)

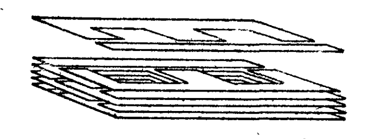


Рис. 14. Порядок укладки пластин при сборке сердечника без зазора.

Трансформаторы со стальным сердечником. Трансформаторы питания должны иметь обмотки, рассчитанные на необходимые напряжения и токи. Между обмотками не должно наблюдаться заметных утечек и изоляция должна выдерживать относительно сердечника напряжение не ниже 1,5—2 *кв*, а в высоковольтных трансформаторах для питания электроннолучевых трубок до 10—25 *кв*.

Для защиты от проникновения высокочастотных помех из электросети в приемник трансформатор питания часто снабжают так называемой экранирующей обмоткой, отделяющей вторичные обмотки от первичной. Экранирующая обмотка состоит из слоя изолированного провода или незамкнутого слоя металлической фольги. Иногда такими же защитными обмотками снабжаются и выходные трансформаторы.

Диаметр провода обмоток должен выбираться в соответствии с величиной тока и с учетом допустимого падения напряжения на них. Так, например, вторичная обмотка выходного трансформатора для двухтактного лампового каскада, работающего в режиме В, могла бы выполняться проводом 0,1—0,12 *мм*, так как ток в ней обычно равен 15—20 *ма*. Однако, имея большое число витков, она может при этом обладать сопротивлением в несколько сотен ом и тогда падение напряжения в ней может достигать 10 *в* и более. Поэтому в указанных трансформаторах вторичные обмотки наматывают более толстым проводом (0,15—0,25 *мм*), чем это требуется для обеспечения нормальной нагрузки провода током.

Число витков на 1 *см*² сечения плотной намотки

мм	ПЭ	ПШО	ПБО	ПБД
0,05	18 000	10 000	—	—
0,07	10 000	6 800	—	—
0,1	5 700	4 250	2 070	—
0.12	4 000	3 320	1 720	—
0,15	2 800	2 400	1 360	—
0,18	2 070	1 800	1 100	—
0,2	1 720	1 530	940	665
0,25	1 140	1 020	700	515
0,3	810	740	540	413
0,4	470	450	325	245
0,5	308	302	231	182
0,6	217	217	172	134
0,8	125	128	108	88
1,0	83	85	73	62
1,2	58	59	53	46
1,4	44	45	41	36

Выходной трансформатор, одна из обмоток которого включена в анодную цепь лампы, часто имеет зазор в стальном сердечнике. У выходных трансформаторов двухтактных усилителей зазор не нужен, потому что направления анодного тока от средней точки первичной обмотки к анодам ламп в обеих половинах ее противоположны, вследствие чего сталь постоянного намагничивания не приобретает.

Обмотки трансформаторов низкой частоты с малой собственной емкостью наматывают в виде отдельных симметрично располагаемых секций.

Сердечники низкочастотных индуктивностей. Для сборки сердечника трансформатора или дросселя применяют разъемные либо неразъемные пластины. При сборке сердечника из разъемных пластин нужно менять направление их укладки (рис. 14). Тип пластин нужно выбирать так, чтобы в окне сердечника свободно уместились все обмотки. В таблице указано, сколько витков провода различного диаметра укладывается в сечении 1 *см*². При этом надо учесть прокладки между слоями провода и обмотками.

Пластины надо выбрать так, чтобы при необходимом сечении сердечника соотношение между толщиной и шириной центрального его стержня, на который помещают обмотки, не выходило за пределы 2 : 1. Толщина одной плас-

тины может быть 0,5 *мм*; для выходных трансформаторов и дросселей, работающих на звуковых частотах, желательно применять более тонкую сталь (0,2—0,35 *мм*).

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОАППАРАТУРЫ [1]

Словом «конструирование» обозначается работа по созданию конструкции.

Конструирование радиоприемника — длительный и трудоемкий процесс. Начинающие радиолюбители, часто торопясь закончить изготовление и опробовать приемник, не продумывают конструкцию во всех деталях. Результат такой работы обычно бывает плачевным.

При конструировании и постройке радиоаппаратуры не следует торопиться. Здесь как нельзя более к месту две русские пословицы: «тише едешь — дальше будешь» и «семь раз примерь — один раз отрежь».

Нередко начинающие радиолюбители строят радиоприемники, не заботясь о том, чтобы узнать, как они работают, какие физические процессы в них протекают. Незнание этих процессов приводит к тому, что при налаживании построенного приемника радиолюбитель не может сообразить, где нужно искать неисправность, и начинает беспорядочно перепаивать детали в самых различных местах, но все это оказывается безрезультатным. В конце концов, отчаявшись, радиолюбитель призывает на помощь другого и оказывается, что причина неисправности очень простая и найти ее было весьма легко, если бы он не пренебрегал изучением радиотехники.

Следовательно, для того чтобы делать полноценные приемники, нужно изучать радиотехнику.

Нельзя, изучив только арифметику, решать задачи по высшей математике. Точно так же нельзя начинать строить сложные приемники, если не усвоены даже основы радиотехники. К сожалению, такая ошибка встречается у начинающих радиолюбителей.

Надо строить только такие радиоприемники, работу которых радиолюбитель хорошо понимает, постепенно переходя от простых к более сложным.

Выбор схемы. Это важный момент радиолюбительской деятельности и к нему надо подходить с учетом всего опыта и знаний (не браться за невыполнимое!).

Так как начинающий радиолюбитель сам не может составить и рассчитать схему радиоустройства, ему следует воспользоваться готовой схемой с описанием конструкции, взятой из журнала «Радио» или книги. При выборе схем следует отдавать предпочтение простым, так как их легко налаживать. Сложные схемы зачастую имеют целый ряд преимуществ перед более простыми, но начинающему радиолюбителю трудно будет реализовать их.

Для того чтобы приступить к конструированию радиоаппарата, надо иметь в наличии все основные детали. Если конструируется ламповый радиоприемник, то этими деталями будут: блок конденсаторов переменной емкости, переключатель диапазонов, катушки, электронные лампы, панели для них, выходной трансформатор, трансформатор питания, дроссель сглаживающего фильтра, электролитические конденсаторы и динамический громкоговоритель. Эти детали влияют на размеры и компоновку конструкции радиоаппарата. Не имея указанных деталей, приступать к конструированию радиоприемника не имеет смысла.

Компоновка. Наиболее ответственным этапом конструирования радиоаппарата является его компоновка. От последней зависит, будет ли аппарат отвечать поставленным требованиям, будет ли удобен в обращении и легок в изготовлении.

Перед компоновкой радиоаппаратуры любитель должен решить ряд вопросов. Основным является выбор типа конструкции, которая может быть:

---

[1] По материалам Г. А. Бортновского.

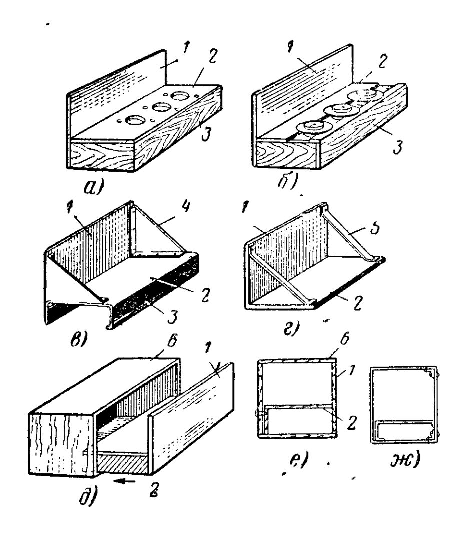


Рис. 1. Угловые панели.

а, б — деревянные; *в* — металлическая; *г* — деревянная без подвала; *д* — установка угловой панели в ящик; *е* — крепление в ящике деревянной угловой панели; *ж* — крепление в ящике металлической угловой панели; *1* — лицевая панель; *2* — горизонтальная панель; *3* — задняя панель; *4* — угольник; *5* — подкос; *6* — ящик.

1) свободной (плоскостной), когда все детали размещены на одном плоском шасси. Эта конструкция наиболее часто применяется как в заводской, так и радиолюбительской аппаратуре;

2) объемной, когда радиодетали заполняют весь объем прибора (блока) в несколько этажей. Такие конструкции радиолюбители применяют редко, так как в них затруднен доступ к радиодеталям;

3) блочная, которая характеризуется разделением всего устройства на ряд отдельных блоков. Применяется в телевизорах и других сложных радиоустройствах. При этом каждый из блоков может быть либо плоскостной, либо объемной конструкции.

После выбора типа конструкции следует решить вопрос о материалах, из которых будет изготовлено шасси, а также корпус или ящик аппарата. Наиболее подходящими материалами для шасси и ящика радиоаппаратуры следует признать: листовой алюминий, гетинакс, картон, фанеру и другой листовой материал. Этот материал легко обрабатывается, из него можно создать конструкции, полностью удовлетворяющие требованиям радиолюбителя.

Типы шасси. В радиолюбительской практике довольно распространенным типом шасси является угловая панель (рис. 1). Она проста в изготовлении, обеспечивает хороший доступ сверху для смены ламп и снизу к ламповым панелям и элементам схемы. На горизонтальной плате *2* размещают детали схемы — лампы, конденсаторы, резисторы и т. п. На переднюю панель *1* выводят ручки управления, располагают измерительные приборы, шкалу приемника и т. п.

Угловая панель может быть изготовлена из фанеры. В этом случае иногда горизонтальная плата выполняется разрезной (рис. 1, *б*); в разрезе крепят

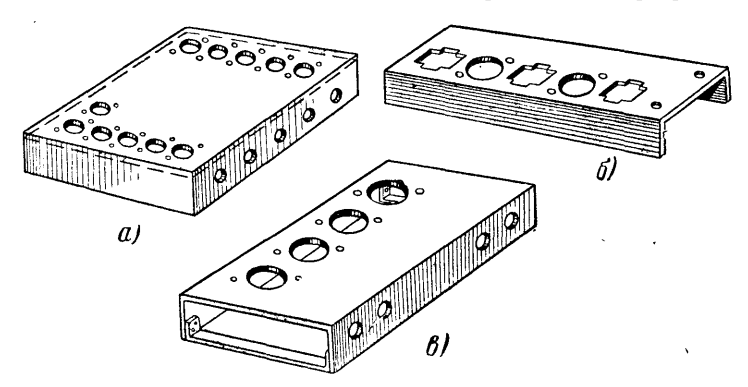


Рис. 2. Плоские шасси с четырьмя (*а*) и с двумя (*б, в*) отогнутыми краями.

ламповые панели. Такая конструкция упрощает изготовление панели, так как отпадает необходимость вырезать отверстия для ламповых панелек.

Когда прибор не имеет радиоламп (например, выпрямитель на полупроводниковых диодах), угловую панель делают без «подвала» (рис. 1, *г*).

Металлические угловые панели (рис. 1, *в*) чаще всего применяют для монтажа любительских коротковолновых и УКВ приемников, а также измерительной аппаратуры. Для придания конструкции большей жесткости лицевую и горизонтальную панели скрепляют угольниками.

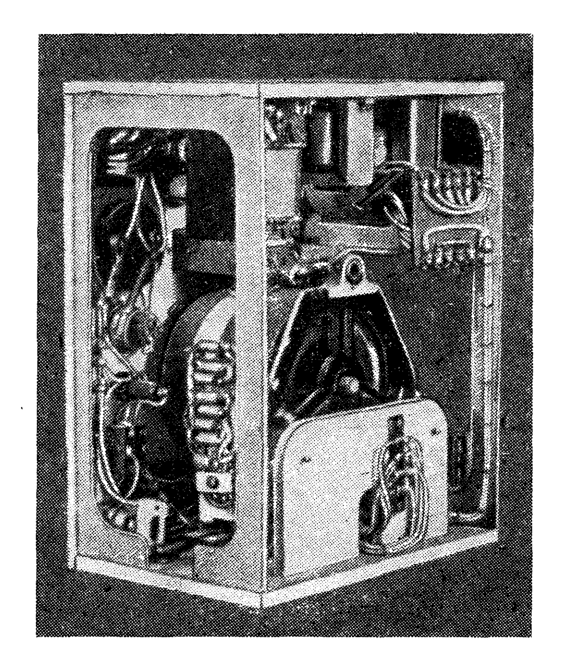


Рис. 3. Пример объемной конструкции — блок питания.

Угловую панель помещают в ящик (рис. 1, *д*) и крепят к нему шурупами, пропущенными через заднюю стенку ящика (рис. 1, *е*), или же винтами в углах лицевой панели, которые ввертывают в угольники, закрепленные на передней кромке ящика (рис. 1, *ж*). Шнур питания может быть закреплен на задней панели и пропущен через отверстие в задней стенке ящика.

Для монтажа радиоаппаратуры также применяют плоские шасси, представляющие собой горизонтальную плату с отогнутыми вниз краями (рис. 2). Для придания жесткости конструкции отогнутые с двух сторон края стягивают тягами (рис. 2, *в*).

На плоских шасси обычно монтируют радиоприемники и блоки телевизоров. Плоские шасси вставляют в ящик сзади, при этом для ручек управления, шкалы, кинескопа, громкоговорителя и т. п. в передней стенке ящика вырезают отверстия. Задняя стенка ящика или совсем не делается или ее изготовляют из картона, в котором пробивают высечкой отверстия для вентиляции. В приборах, работающих с высокими напряжениями, например в телевизорах, из соображений безопасности задняя стенка необходима.

В ряде случаев можно и в радиолюбительских условиях применять объемные конструкции.

На рис. 3 показан блок питания, выполненный как объемная конструкция. Как видно на рисунке, она позволяет в небольшом объеме разместить большое количество деталей. Достигается это тем, что детали крепят на стенках шасси.

Блочная конструкция, состоящая из отдельных функциональных блоков, применяется в приемниках и телевизорах. В некоторых видах аппаратуры каждый блок можно наладить независимо от остальных. Кроме того, в радиолюбительских условиях такая конструкция удобна тем, что, совершенствуя радиоаппарат, можно заменять отдельные блоки, не затрагивая при этом остальных. В радиоприемниках иногда в отдельные блоки выделяют высокочастотную часть и блок питания.

Телевизор блочной конструкции разбивается на блоки: входной блок (переключатель телевизионных каналов), блок синхронизации, кадровой

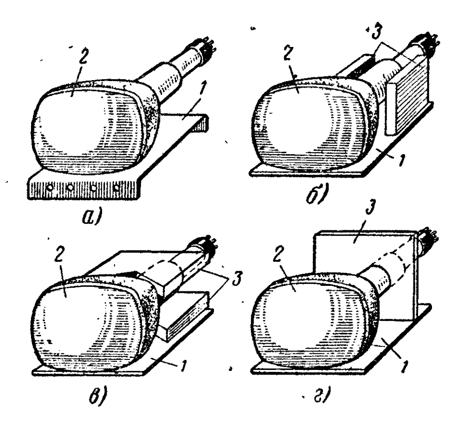


Рис. 4. Типы конструкций телевизоров.

а — монтаж на одном плоском шасси; *б* — блоки смонтированы на двух вертикальных шасси; *в* — то же на двух горизонтальных шасси; *г* — монтаж на вертикальной панели; *1* — основная горизонтальная панель (шасси); *2* — кинескоп; *3* — общее шасси блока разверток, приемника и др. блоков.

развертки и строчной развертки, блок усилителей промежуточной и низкой частоты и блок питания.

Выбрав тип конструкции, следует приступить к самому ответственному этапу конструирования — компоновке.

Компоновка — размещение деталей на шасси или на плате — работа творческая. Расположив детали, не следует считать работу законченной. Нужно посмотреть, что можно улучшить, переставив детали иначе. Надо оставить наилучший из двух-трех вариантов компоновки.

Компоновку лучше всего производить на миллиметровке. На листе миллиметровки вычерчивают прямоугольник, приблизительно соответствующий размеру шасси, и располагают на нем радиодетали или силуэты их, вырезанные из бумаги или еще лучше из картона, в таком порядке, в каком предполагается смонтировать их на шасси.

При этом может получиться, что ориентировочно взятые размеры шасси или недостаточны, или же чрезмерно велики. Тогда, разметив детали, очерчивают вокруг прямоугольник, который и покажет действительно необходимые размеры шасси.

О компоновке плат с печатным монтажом см. стр. 311 и 327.

Конструирование ламповых радиоприемников. Сверху горизонтальной плоскости шасси крепят блок конденсаторов переменной емкости, радиолампы, контуры ПЧ, трансформатор питания. Иногда к шасси крепят и динамик (чаще он крепится непосредственно к ящику приемника). Катушки входного устройства, усилителя ВЧ и гетеродина помещают вблизи блока конденсаторов переменной емкости и переключателя диапазонов. Под горизонтальной платой размещают остальные детали схемы — конденсаторы и резисторы.

Ящик радиоприемника имеет переднюю стенку с вырезами для шкалы, ручек управления, громкоговорителя. Шасси вдвигается в ящик сзади, при этом оси ручек управления пропускают через отверстия в передней стенке ящика. На оси устанавливают и закрепляют ручки управления.

Конструирование телевизоров. Конструктивное выполнение телевизоров отличается большим разнообразием.

Достаточно простой является конструкция телевизора, собранного на П-образной панели (рис. 4, *а*). Он несложен в изготовлении: детали, расположенные сверху панели, доступны, но доступ к деталям, расположенным снизу, затруднен: для того, чтобы к ним добраться, необходимо телевизор класть на бок.

Для уменьшения размеров телевизора его блоки монтируют на нескольких панелях (шасси), расположенных в общей раме. Два варианта подобного конструктивного выполнения телевизора приведены на рис. 4, *б* и *в*. Если разместить лампы снаружи, а монтаж внутри, то телевизор будет удобен в эксплуатации, легко будет менять лампы, но зато его трудно будет ремонтировать и налаживать. Если расположить лампы внутри, то будет затруднен доступ к ним, но зато такой телевизор легко ремонтировать. Для лучшего доступа к деталям или лампам панели иногда делают откидными на шарнирах.

На рис. 4, *г* приведена удобная конструкция телевизора. Если крупные детали и лампы расположить в направлении колбы кинескопа, а монтаж наружу, то при этой конструкции одинаково легкий доступ будет и к лампам, и к монтажу.

В последнее время все больше и больше телевизоров конструируется в блочном исполнении.

На рис. 5 показан любительский телевизор, установленный на журнальном столике, а на рис. 6 дан вид сзади этого же телевизора в раскрытом виде. Особенностью его конструкции является плоский ящик, укрепленный на поворотном устройстве, и крепление всех деталей и узлов на откидных дверцах, являющихся в закрытом виде стенкой ящика телевизора. Такая конструкция (рис. 7, *а*) обеспечивает доступ к деталям, что облегчает ремонт, настройку и регулировку телевизора. Задняя стенка может быть выполнена неразрезной и поворачиваться вокруг вертикальной (рис. 7, *б*) или горизонтальной оси (рис. 7, *в*).

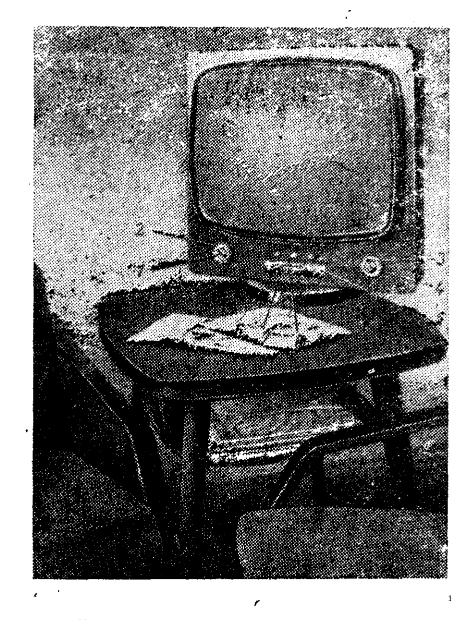


Рис. 5. Пример конструкции телевизора.

Органы управления: *1* — «Яркость»; *2* — «Контрастность»; *3* — переключение каналов; *4* — подстройка гетеродина; *5* — *8* — кнопки включения и выключения телевизора и переключения его усилителя НЧ на проигрыватель.

Детали, подлежащие регулировке, при налаживании телевизора следует располагать в доступных местах и не закрывать их другими деталями и монтажом. Основные ручки управления — «яркость», «контрастность» и «громкость» — располагают на лицевой стенке футляра телевизора. Остальные ручки управления и регулировки располагают на задней или на правой боковой стенке телевизора.

Не следует размещать узлы разверток вблизи каскадов детектора изображения и звукового сопровождения, видеоусилителя и каскадов НЧ, это может затруднить налаживание телевизора и ухудшить качество изображения и звукового сопровождения.

Конструирование радиоизмерительной аппаратуры. Измерительную аппаратуру обычно монтируют на металлической угловой панели. Глубину ее подвала надо стремиться делать возможно меньшей, так как в этом случае детали будут доступнее. Она может колебаться от 20 до 100 *мм*. Подвал большой глубины (более 50 *мм*) можно делать у больших панелей. Глубокий подвал у небольших панелей затруднит монтаж. В подвале размещают детали, боящиеся нагрева: полупроводниковые приборы (особенно германиевые и селеновые), конденсаторы и маломощные резисторы. Сверху горизонтальной платы устанавливают детали, которые греются сами, или детали, не боящиеся нагрева: радиолампы, трансформаторы, резисторы большой мощности и т. п. Детали, размещаемые в подвале, надо ориентировать так, чтобы минимальный размер их был вертикальным (если это не усложнит монтаж).

Высота лицевой панели определяется как размер подвала плюс требуемая высота пространства над шасси. Последняя зависит от размера деталей, укрепленных над шасси — радиоламп, трансформаторов, конденсаторов переменной емкости, катушек и т. п. Иногда бывает, что одна или несколько деталей намного больше остальных. Использование таких деталей делает высоту панели неоправданно большой. Избежать этого можно, «утопив»

Рис 6. Вид телевизора сзади с открытыми створками.

1 — ящик; *2* — левая створка; *3* — правая створка; *4* — кинескоп; *5* — печатная плата приемников; *6* — печатная плата кадровой развертки; *7* — динамические громкоговорители; *8* — шасси строчной развертки; *9* — верхняя съемная плата; *10* — переключатель каналов ПТК-74; *11* — кнопочный механизм; *12* — поворотное устройство.

деталь, т. е. опустив ее крепление ниже шасси (рис. 8). Все эти рекомендации следует учитывать и при конструировании радиоприемников и блоков телевизоров.

Особенное внимание должно быть обращено на размещение на лицевой панели органов управления и коммутации. От их расположения зависит удобство эксплуатации прибора. Стрелочные приборы следует располагать в верхней части лицевой панели. Под ними размещают ручки управления (потенциометры, переключатели и т. п.). Снизу панели монтируют штеп-

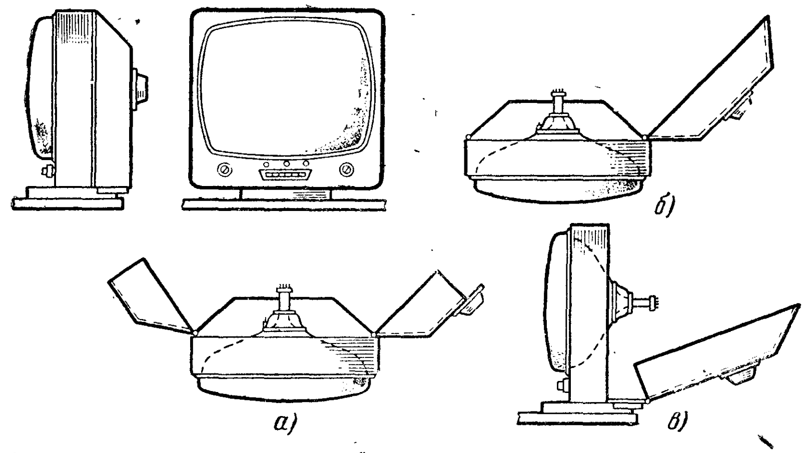


Рис. 7. Вариант конструкции задней стенки телевизора.

сельные разъемы и выводят шнур питания. Там же размещают предохранители и выключатель сети.

Конструирование плат с печатным монтажом. Если при конструировании простейшей радиолюбительской аппаратуры с навесным монтажом можно иногда обойтись без чертежей и всю компоновку и монтаж выполнять, как говорят, «по месту», то в случае изготовления радиоаппаратуры с печатным монтажом чертежи обязательны.

Все навесные детали располагают на одной стороне платы, а печатный монтаж на другой.

Радиолюбителю, который займется конструированием устройств с печатным монтажом, придется переделать целый ряд деталей навесного монтажа. У потенциометров типа СП-I и СП-V выводы отгибают на 90° (рис. 9,*1*).

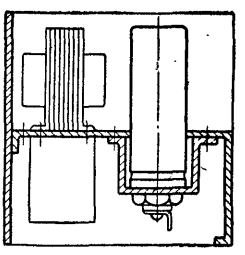


Рис. 8. Крепление электролитического конденсатора типа КЭ-2 (К50-3, К50-7) ниже горизонтальной плоскости шасси.

Электролитические конденсаторы с креплением гайкой (КЭ-2, К50-3, К50-7) применять на платах с печатным монтажом неудобно. Здесь удобны электролитические конденсаторы типа КЭ-1, которые крепят хомутиками с лапками, пропущенными через отверстия в плате и загнутыми с противоположной стороны, или же хомутиками с креплением болтиками (рис. 9, *2*). Малогабаритные конденсаторы типов К50-6, К50-3 и ЭМ крепят за выводы пайкой. Обычные ламповые панельки для печатного монтажа непригодны и их нужно несколько изменить. На рис. 9,*3*,*4* показаны панели для пальчиковых ламп, приспособленные для использования в конструкции с печатным монтажом: выводы отогнуты и в центральное отверстие ламповой панели вставлен винт с потайной головкой для крепления ее на плате.

У мелких деталей — резисторов, конденсаторов малой емкости и т. п. необходимо отогнуть выводы в одну сторону (рис. 9,*5*—*8*), причем расстояния между отогнутыми выводами деталей одного и того же типа должны быть одинаковы.

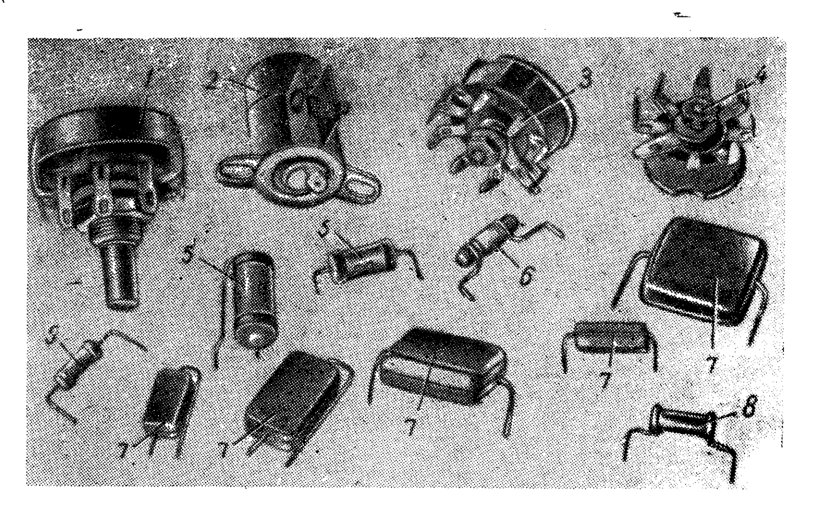


Рис. 9. Радиодетали, приспособленные для монтажа на печатной плате.

1 — переменный резистор типа СП-1; *2* — электролитический конденсатор типа КЭ-1; *3* — девятиштырьковая панель для пальчиковой лампы; *4* — семиштырьковая ламповая панель; *5* — резистор типа МЛТ; *6* — германиевый диод типа Д2; *7* — конденсаторы слюдяные типа КСО; *8* — конденсатор керамический типа КТ-2.

Рис. 10. Крепление деталей на плате с печатным монтажом.

1 — резисторы типа МЛТ; *2* — опорные стойки; *3* — маломощный транзистор; *4* — гибкий проводник; *5* — пистон с изоляционной втулкой; *6* — панель для семиштырьковой пальчиковой лампы; *7* — переменный резистор типа СП-1; *8* — проволочная перемычка.

Большие детали, например блоки конденсаторов переменной емкости, трансформаторы и т. п., имеющие малое количество выводов, необязательно переделывать, а можно, закрепив в печатной плате проволочные выводы соответствующей длины, припаивать их к выводам деталей. При этом необходимо следить за тем, чтобы выводы не могли перемещаться в отверстиях, в противном случае может произойти обрыв печатных проводников. Это замечание относится также и к закреплению мелких деталей — резисторов и конденсаторов (рис. 10).

Прежде чем приступить к конструированию панели с печатным монтажом, все детали, которые будут крепиться на ней, необходимо вычертить на плотной толстой бумаге в натуральную величину. При конструировании малогабаритной аппаратуры детали лучше вычертить в масштабе 2:1. Затем силуэты деталей надо вырезать ножницами, надписав на каждой детали ее обозначение на принципиальной схеме.

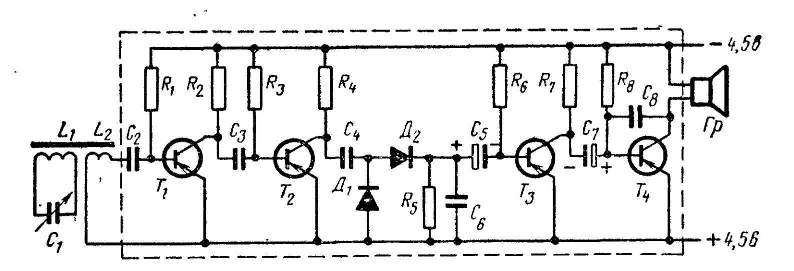


Рис. 11. Принципиальная схема транзисторного приемника.

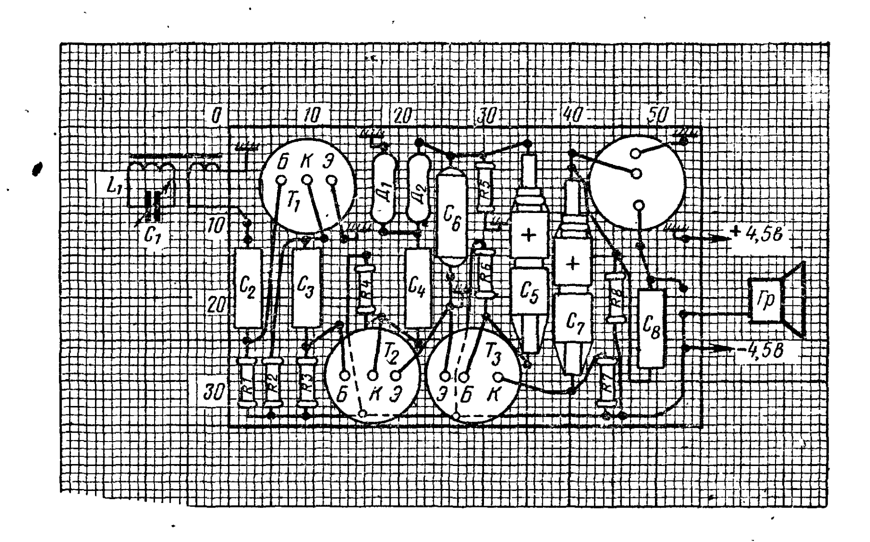


Рис. 12. Черновая компоновка печатной платы.

Имея силуэты деталей, можно приступить к конструированию. При этом могут быть два случая. В одном случае плату можно изготовить больших размеров, ее габариты не имеют значения, так как другие детали занимают значительно большее место. Например, в телевизоре деталью, определяющей размеры блока разверток, является кинескоп, поэтому панель этого блока может иметь достаточно большие размеры.

Иначе обстоит дело, когда нужно сконструировать малогабаритный радиоприемник на транзисторах. В этом случае стремятся максимально уменьшить размеры приемника, что создает трудности при его конструировании.

Конструирование плат с печатным монтажом производят в несколько этапов. Вначале производится общая черновая компоновка устройства и грубое определение его размеров (когда размеры платы не заданы). Затем уточняют размеры и вычерчивают общий вид всего устройства и платы с печатным монтажом. После этого изготовляют объемный макет приемника на картонной плате с нарисованным на ней печатным монтажом и вносят коррективы в чертеж.

При конструировании печатного монтажа лучше всего пользоваться чертежной прозрачной бумагой или пергаментом, под который необходимо подложить миллиметровку или вычерченную тушью сетку.

Для печатного монтажа в СССР узаконены координатные сетки с размерами клеток 2,5 и 0,5 *мм*. Но в радиолюбительских условиях следует применять миллиметровую бумагу с размером клетки 1×1 *мм*, это проще и доступнее.

При компоновке малогабаритных плат с большим количеством деталей чертеж удобнее выполнять в масштабе 2:1. В этом случае следует вычертить координатную сетку с клетками 2×2 *мм*. Все отверстия на печатных платах должны быть в узлах координатной сетки, т. е. в пересечении горизонтальных и вертикальных линий сетки. При конструировании крупных печатных плат применяют сетку с размерами клетки $2{,}5\times2{,}5$ *мм*.

Методику конструирования устройств с печатным монтажом рассмотрим на примере платы для радиоприемника на транзисторах, собранного по схеме (рис. 11), предложенной В. П. Морозовым (журнал «Радио», № 5, 1960). По условиям компоновки плата должна иметь форму удлиненного прямоугольника.

Для выполнения чернового наброска компоновки платы на чертежную доску кладут сетку с нужным размером клетки. Поверх нее двумя кнопками в верх-

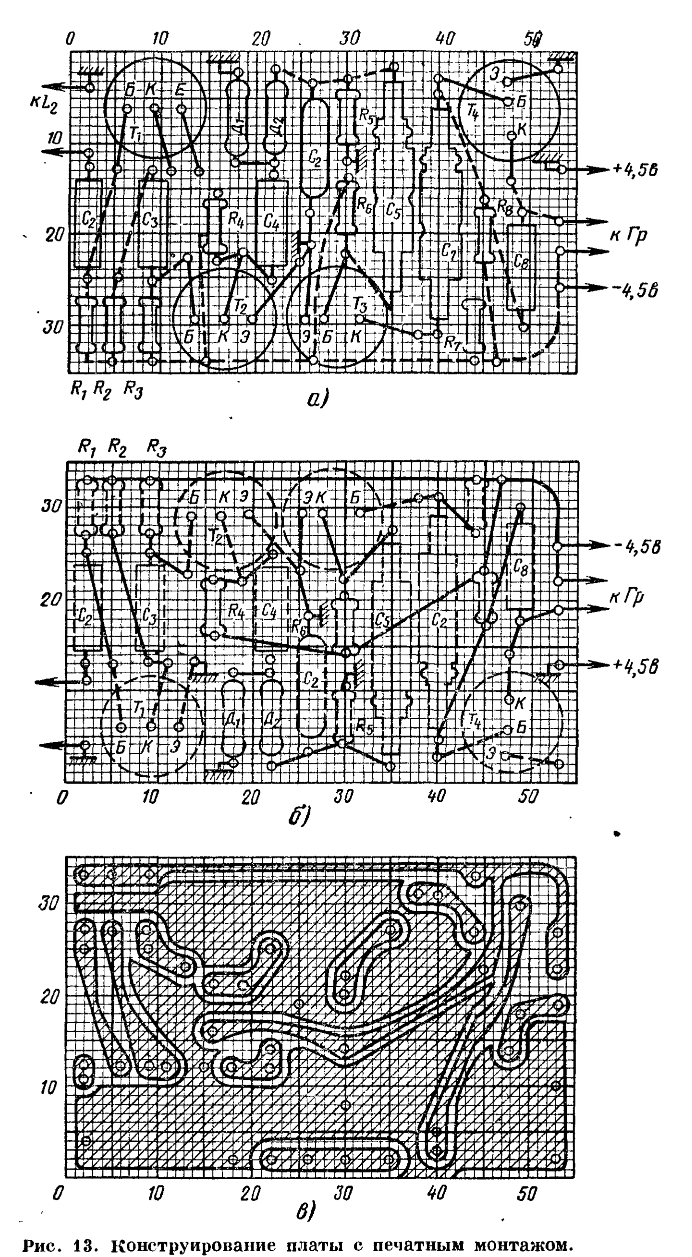


Рис. 13. Конструирование платы с печатным монтажом.

а — обводка скомпонованной платы; *б* — перевернутый чертеж платы (действительное расположение проводников); *в* — чистовой чертеж платы.

них углах закрепляют листок чертежной прозрачной бумаги и намечают предполагаемый размер платы. Затем на бумаге раскладывают соответственно принципиальной схеме вырезанные ранее силуэты деталей (рис. 12). При этом необходимо соблюдать правила монтажа любого радиоустройства: разносить катушки индуктивности, между которыми не должно быть связи и т. п. Соединительные провода печатной схемы необходимо располагать так, чтобы они были по возможности короткими и не перекрещивались. Если этого достичь не удается, можно поставить в местах пересечения проводников проволочные перемычки (см. рис. 10, деталь *8*).

Рис. 14. Форма концов печатных проводников.

1 — нормальная; *2* — при уменьшенном расстоянии между отверстиями; *3*, *4* — при малом расстоянии между отверстиями.

Когда вырезанные из бумаги детали расположены в соответствии со схемой, на них накладывается чертежная прозрачная бумага с координатной сеткой. Координатная сетка с нужным размером клетки чертится карандашом. Листок чертежной прозрачной бумаги кладется в перевернутом виде для того, чтобы при стирании ошибочно проведенных линий сохранялась сетка. Контуры деталей и проводников обводят карандашом условно с той же стороны, где детали (рис. 13, *а*). В реальной конструкции соединительные проводники будут на другой стороне платы.

После этого набросок платы переворачивают и кладут на лист белой бумаги так, что через прозрачную бумагу схема будет видна со стороны печатных проводников (рис. 13, *б*).

Для получения чертежа печатной платы на листке прозрачной бумаги чертят сетку в соответствии с рис. 13, *б*, листок переворачивают и кладут на лист белой бумаги. На сетке чертят контур печатной платы, нумеруют ее согласно нумерации на сетке рис. 13, *б*, а затем переносят с этого рисунка точки крепления деталей. Все отверстия должны быть в точках пересечения сетки. Между отверстиями вычерчивают провода печатного монтажа (рис. 13, *в*).

Вокруг каждого отверстия должна быть круглая контактная площадка (рис. 14). Ее край может быть срезан, если близко проходит другой проводник и трудно обеспечить нужное расстояние между проводниками.

После того как выполнен чертеж печатной платы, желательно проверить, удачно ли размещены детали. Для этого нужно сделать объемный макет. Делается он так: на листе миллиметровки вычерчивается печатная плата в натуральную величину, затем миллиметровка наклеивается на картон и в нем в точках крепления деталей делают отверстия, в которых закрепляют детали монтажа. По этому макету производится корректировка чертежа, после чего можно приступить к изготовлению платы.

КОМПОНОВКА МАЛОГАБАРИТНЫХ ПРИЕМНИКОВ [1]

Большинство деталей малогабаритных транзисторных приемников размещают на монтажных платах из изоляционного материала. Это обстоятельство накладывает вполне определенные требования к размещению деталей с точки зрения экранирования и обеспечения минимальных паразитных связей между соответствующими каскадами приемника. Эти требования особенно необходимо соблюдать при изготовлении «карманных» приемников супергетеродинного типа, обладающих большой чувствительностью.

На рис. 1 и 2 приведены характерные функциональные схемы приемников прямого усиления и супергетеродинного типа с указанием возможных путей наиболее опасных паразитных связей.

---

[1] Автор Е. Б. Гумеля.



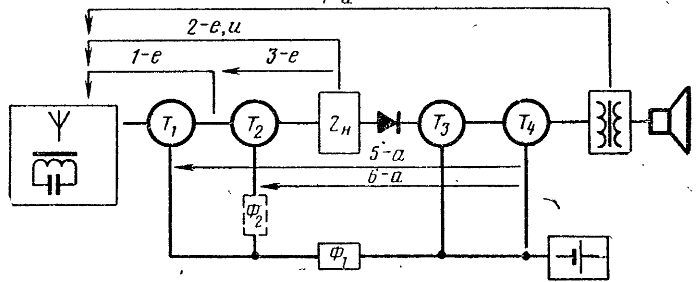


Рис. 1. Функциональная схема приемника прямого усиления.

а — пути возникновения паразитных обратных связей через активные сопротивления; *е* — пути возникновения емкостных обратных связей; *и* — пути возникновения индукционных связей.

По мере усложнения схемы радиоприемника возможных причин его нестабильной работы становится все больше и тем тщательнее следует продумывать монтаж с целью исключения возможных паразитных связей. Рассмотрим для примера каждую из возможных паразитных связей в приемнике прямого усиления, а затем попробуем найти такое конструктивное решение, при котором наличие этих связей наименее вероятно.

В приемнике прямого усиления, содержащем два каскада усиления высокой частоты, детектор и два каскада усиления низкой частоты (рис. 1), часто возникает связь *1-е* — емкостная связь цепи коллектора транзистора T_1 первого каскада УВЧ с контуром магнитной антенны, приводящая к самовозбуждению этого каскада. Эта связь может быть устранена путем удаления первого транзистора от магнитной антенны на расстояние 2—3 *см* или экранированием транзистора T_1 путем применения статического экрана. Связь *2-е* с коллекторной нагрузки второго каскада УВЧ $Z_н$ может носить индуктивный характер в случае применения на выходе тракта УВЧ широкополосного трансформатора или дросселя или емкостной — в случае отсутствия указанных деталей. В последнем случае меры борьбы с нею те же, что и со связью *1-е*. В первом случае следует экранировать широкополосный трансформатор или дроссель магнитным экраном или отнести их на монтажной плате за пределы магнитного поля магнитной антенны. Обычно считают, что катушка индуктивности, намотанная на кольцевом (тороидальном) сердечнике, не обладает внешним магнитным полем и что такие катушки можно располагать в непосредственной близости друг от друга. Однако это не совсем точно. Катушки с тороидальным сердечником не обладают внешним

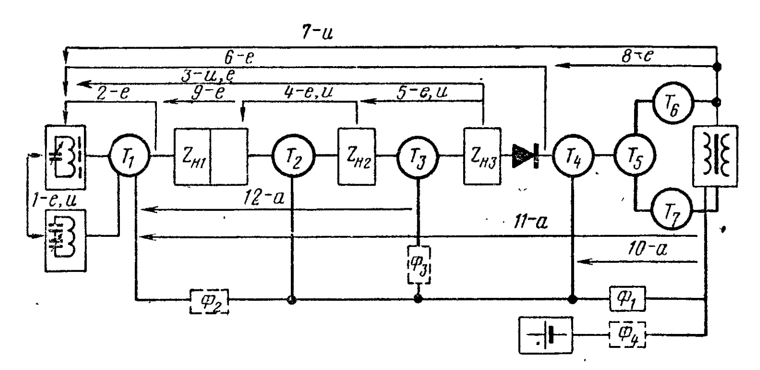


Рис. 2. Функциональная схема супергетеродинного приемника.

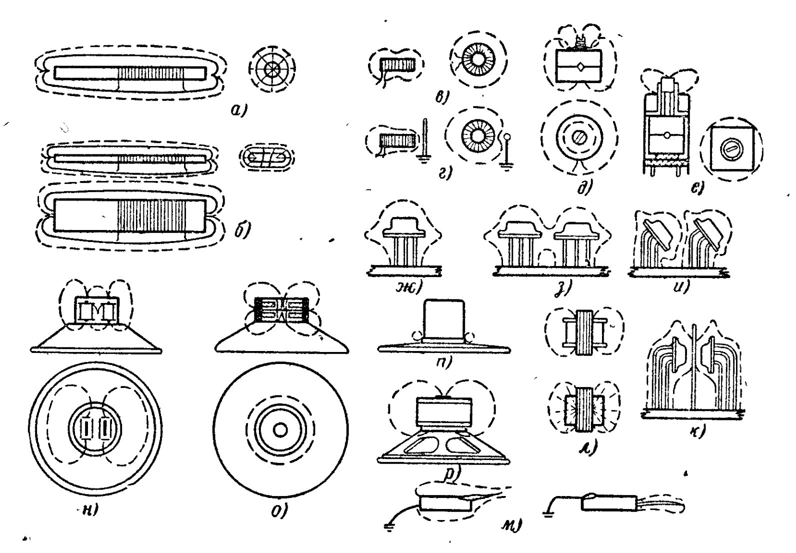


Рис. 3. Примерные конфигурации магнитных и электрических полей различных деталей транзисторных приемников.

а, *б* — магнитные поля ферритовых антенн; *в* — магнитное поле катушки на тороидальном сердечнике; *г* — то же при близком расположении постороннего проводника; *д* — магнитное поле катушки в броневом сердечнике без экрана; *е* — то же в экране; *ж* — электрическое поле транзистора; *з* — взаимное влияние полей транзистора; *и*, *к* — способы уменьшения емкостной связи между близко стоящими транзисторами; *л* — магнитное поле трансформатора НЧ; *м* — электрическое поле конденсатора типа КТ при заземлении внешней и внутренней обкладки; *н* — магнитное поле электромагнитного громкоговорителя на базе малогабаритного телефона; *о* — то же на базе микрофона ДЭМШ-1; *п*, *р* — поля рассеяния динамических громкоговорителей с керновым и кольцевым магнитами.

полем только при условии, что витки весьма равномерно намотаны по всей окружности сердечника и в непосредственной близости от них нет предметов, искажающих форму их поля. И первое, и второе обстоятельства, как правило, нарушаются радиолюбителями при изготовлении и размещении такого рода катушек и трансформаторов.

Связь *3-е*, как правило, емкостная и может осуществляться через паразитную емкость коллектор T_1 — коллектор T_2 в случае применения высокочастотных транзисторов типов П401—П403, П422, П423 и т. п. при близком расположении их друг от друга.

При плохой фильтрации токов высокой частоты в детекторном каскаде и близком расположении выходного трансформатора или громкоговорителя к магнитной антенне может возникнуть связь *4-и*; она обычно носит индуктивный характер. Пути борьбы с нею вытекают из причин ее возникновения: улучшение фильтрации токов ВЧ в детекторном каскаде (увеличение емкости фильтра, подключенного параллельно нагрузке детектора), завал верхних частот в каскадах усиления низкой частоты, вынесение выходного трансформатора за пределы магнитного поля ферритовой антенны, заземление корпуса громкоговорителя, правильная ориентация выходного трансформатора по отношению к магнитному полю антенны и т. д.

Кроме перечисленных связей, могущих возникнуть в результате неправильного расположения деталей приемника относительно друг друга, возможны связи *5-а* и *6-а* через общее сопротивление цепей питания отдельных каскадов. Так, например, плохо отфильтрованные токи высокой частоты, усилившись в УНЧ, могут проникнуть через цепи питания

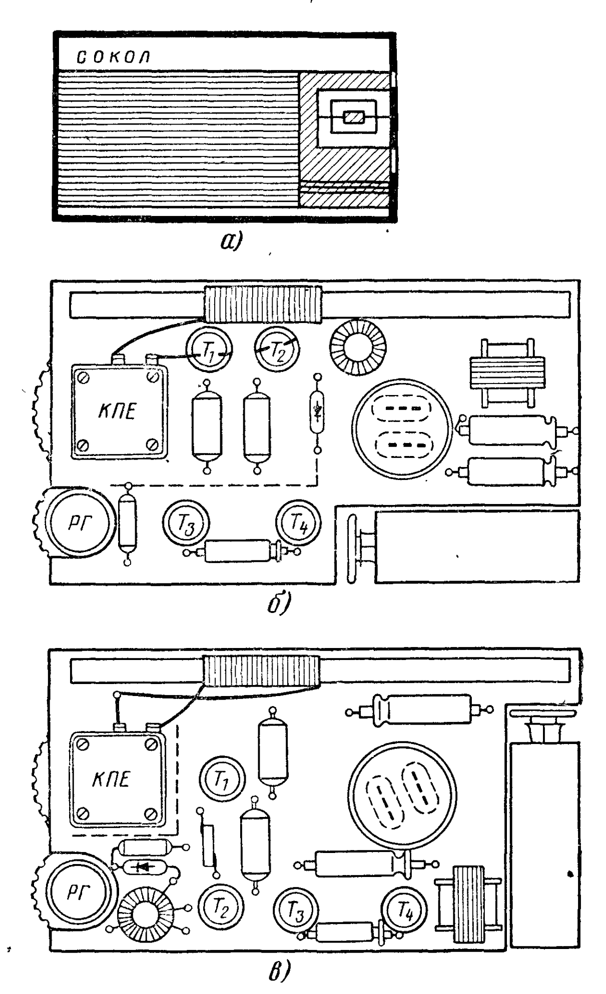


Рис. 4. Примеры расположения деталей в приемниках прямого усиления горизонтальной конструкции.

на входы каскадов высокой частоты, что также может привести к самовозбуждению приемника по высокой частоте. Для уменьшения этой возможности в цепях питания применяют развязывающие фильтры Φ_1 и Φ_2. В данном конкретном случае наличие только одного фильтра Φ_1 ослабляет связи *5-а* и *6-а*, однако при недостаточных фильтрующих свойствах этого фильтра (мала емкость фильтра или мало сопротивление его резистора) может понадобиться дополнительное звено фильтра Φ_2, например, в цепи первого высокочастотного транзистора T_1.

В случае применения трехкаскадного усилителя низкой частоты возможна генерация приемника по низкой частоте, пути возникновения которой и меры борьбы с нею будут рассмотрены несколько ниже при разборе связей в функциональной схеме на рис. 2.

Прежде чем перейти к рассмотрению наиболее радикальной с точки зрения отсутствия связей конструкции приемника, следует остановиться на

видах и конфигурациях магнитных и статических полей вокруг деталей, обладающих наиболее сильными и ярко выраженными полями. На рис. 3 приведены примерные формы полей для основных деталей приемников.

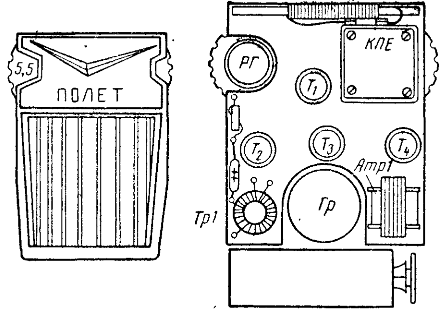


Рис. 5. Пример расположения деталей в карманном приемнике вертикальной конструкции.

Попробуем найти подходящее расположение деталей приемника, выполняемого по функциональной схеме рис. 1. Расположение конденсатора переменной емкости и громкоговорителя, как правило, определяется конструктивными и эстетическими особенностями футляра (корпуса) изготовляемого приемника. При горизонтальном расположении монтажной платы (рис. 4, *а*), принятом в приемнике «Сокол», место конденсатора однозначно определяется удобством оформления шкально-верньерного устройства, а место громкоговорителя — декоративной решеткой на передней панели корпуса. Расположение остальных деталей может быть различным. Например, на рис. 4, *б* и *в* приведены два варианта размещения деталей, входящих в схему приемника. Совершенно очевидно, что при выполнении приемника по варианту рис. 4, *б* возможен целый ряд нежелательных магнитных и емкостных связей, большинство из которых устраняется при выполнении приемника по варианту рис. 4, *в*. Основными недостатками размещения деталей в варианте рис. 4, *б* являются: возможность емкостных связей коллекторных цепей транзисторов T_1 и T_2 с катушкой контура, расположенной на стержне ферритовой антенны, возможность индуктивной связи между широкополосным трансформатором (дросселем) и ферритовой антенной, возможность индуктивной связи антенны с электромагнитным громкоговорителем из-за неправильной ориентации его катушек, связи антенны с выходным трансформатором.

На рис. 5 представлен вариант вертикального выполнения приемника, обеспечивающий отсутствие паразитных связей при сравнительно компактном расположении деталей.

Кроме правильного расположения основных деталей на монтажной плате приемника, следует помнить об основном требовании к монтажу радиоаппаратуры: обеспечение минимальной емкости между проводами, несущими токи высокой частоты. Особенно это касается проводов, принадлежащих различным каскадам.

При конструировании приемников супергетеродинного типа размещение деталей усложняется как большим количеством деталей, так и большей возможностью возникновения различных вредных связей. Рассмотрим с этой точки зрения функциональную схему транзисторного приемника супергетеродинного типа (рис. 2), содержащую: входной и гетеродинный контур, преобразователь частоты на транзисторе T_1, фильтр сосредоточенной селекции, первый каскад усиления промежуточной частоты на транзисторе T_2 с нагрузкой в виде контура или резистора, второй каскад УПЧ на транзисторе T_3 с нагрузкой, как правило, в виде контура, детекторный каскад и три каскада усиления низкой частоты на транзисторах T_4 — T_7, причем оконечный каскад выполнен по двухтактной схеме. По такой функциональной схеме изготовлены многие приемники заводского производства («Атмосфера», «Сокол», «Селга» и др.).

Связь *1-е* — емкостная, между секциями блока конденсаторов переменной емкости (КПЕ). Такая связь в преобразователе частоты с совмещенным гетеродином приводит к неустойчивой работе гетеродина, особенно на высокочастотном конце диапазона, и к взаимовлиянию настроек входного и гетеродинного контуров. К таким же последствиям приводит наличие сильной индуктивной связи между этими контурами — связь *1-и*. Связь эта,

как правило, отсутствует, если катушка контура гетеродина расположена так, что ее магнитное поле перпендикулярно полю магнитной антенны или катушка контура гетеродина экранирована. Связь *1-е* может возникнуть при отсутствии экрана между секциями КПЕ, при отсутствии заземления этого экрана, при выполнении самодельного КПЕ не в виде «бабочки», т. е. с противоположным расположением статорных пакетов пластин, и, наконец, при наличии нескольких диапазонов в приемнике из-за неправильного выполнения переключателя диапазонов, имеющего большую проходную емкость между соответствующими ламелями. Способы устранения связи *1-е* вытекают непосредственно из причин их возникновения.

Связь *2-е* может возникнуть, помимо проходной емкости транзистора T_1, из-за близкого расположения неэкранированного корпуса — коллектора высокочастотного транзистора и обмоток на стержне магнитной антенны. Наличие этой связи приводит к самовозбуждению приемника на частотах, близких к промежуточной (конец СВ и начало ДВ диапазонов).

Связь *3-и, е* — наиболее часто встречающийся вид связи, приводящий, как правило, к неустойчивой работе приемника почти во всем средневолновом и длинноволновом диапазонах. Она, как правило, возникает из-за плохой экранировки последнего контура ПЧ, близкого его расположения к магнитной антенне и отсутствия экранировки последнего транзистора УПЧ. Этот вид связи особенно часто встречается в малогабаритных приемниках, когда даже максимальное удаление вышеперечисленных деталей от магнитной антенны все же оказывается недостаточным из-за весьма значительного коэффициента усиления высокочастотного тракта. В промышленном приемнике «Сокол» для борьбы с этого рода связью последний контур ПЧ максимально удален от входных цепей, а транзистор T_3 помещен в заземленный экран.

Реже встречается индуктивная связь *7-и* выходного трансформатора с входной цепью; она устраняется отнесением выходного трансформатора от входных цепей и правильной ориентацией его магнитного поля по отношению к магнитному полю антенны.

Связи *4-е, и* и *5-е, и* возникают при отсутствии экранировки соответствующих контуров ПЧ и коллекторных цепей транзисторов T_2 и T_3. Они приводят к самовозбуждению соответствующих каскадов УПЧ.

Связь *6-е* может возникнуть при близком расположении нагрузки детекторного каскада (например, регулятора громкости) ко входным цепям и приводит к самовозбуждению во всем диапазоне принимаемых частот или на его участках, близких к промежуточной частоте.

Наличие сильной емкостной связи *8-е* в трехкаскадном УНЧ может привести к генерации усилителя низкой частоты на сверхзвуковых или верхних звуковых частотах. Устранение этой связи требует более правильного размещения деталей УНЧ или «завала» его частотной характеристики в области верхних звуковых частот. Связь *9-е* не оказывает ярко выраженного влияния на работу приемника, и о ее существовании можно судить только при наличии приборов, позволяющих снять кривую избирательности приемника, которая может быть значительно искажена благодаря наличию непосредственной связи между третьим и первым контурами фильтра сосредоточенной селекции. Если фильтр состоит только из двух контуров, ее влияние уменьшается.

Связь *10-а* возникает из-за высокого внутреннего сопротивления источника питания и приводит к генерации на одной из частот звукового диапазона или к релаксационным колебаниям в схеме УНЧ. Меры борьбы с ней: установление соответствующих развязывающих фильтров Φ_1 и Φ_4 с конденсаторами тем большей емкости, чем больше усиление низкочастотного тракта и чем на более низких частотах должен работать усилитель. Следует отметить, что зачастую наличие фильтра Φ_4 (как правило, это конденсатор большой емкости) кажется сомнительным — собранный усилитель работает стабильно. Однако через несколько часов эксплуатации по мере истощения батареи и роста ее внутреннего сопротивления появляются искажения, а затем возникает низкочастотная генерация. Необходимость

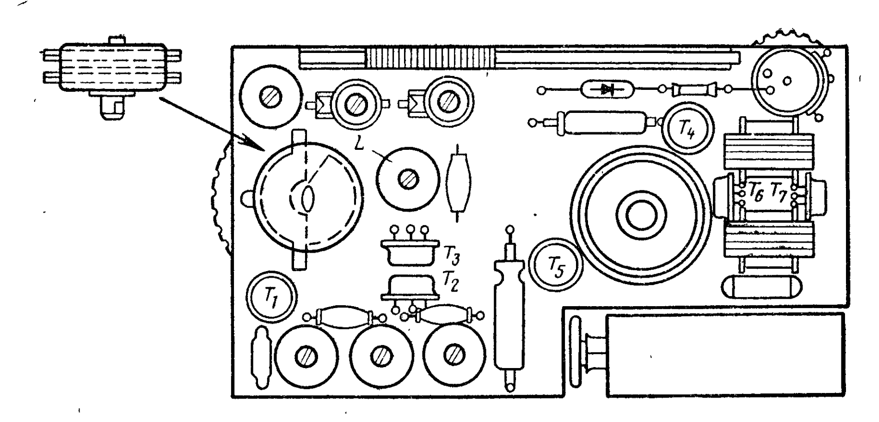


Рис. 6. Пример неудачного расположения деталей в супергетеродине.

в фильтре $Ф_4$ проверяется опытным путем при подсоединении к приемнику сильно разряженной батареи, имеющей большое внутреннее сопротивление. Если шунтирование батареи конденсатором большой емкости (100—500 *мкф*) не приводит к улучшению работы приемника, то его можно в приемник не ставить.

Связь *11-а* возникает, как правило, в двухтактном выходном каскаде приемника. Следствиями этой связи при отсутствии фильтров $Ф_1$ и $Ф_2$ являются нестабильная работа преобразовательного каскада, генерация ВЧ тракта на звуковой частоте, прерывистая генерация гетеродина. Меры борьбы: установление дополнительного фильтра $Ф_2$, улучшение фильтра $Ф_1$, а при недостаточности этих мер применение индивидуальных развязывающих фильтров во всех высокочастотных каскадах приемника.

Связь *12-а* может возникнуть при отсутствии или плохом качестве фильтра $Ф_3$. Она приводит к самовозбуждению тракта промежуточной частоты, особенно при наличии трех каскадов в высокочастотном тракте.

Таковы основные паразитные связи, могущие иметь место в транзисторных приемниках супергетеродинного типа.

В качестве неудачного примера расположения деталей супергетеродинного приемника рассмотрим реально выполненную радиолюбительскую конструкцию. Расположение деталей на плате этого приемника приведено на рис. 6. На первый взгляд расположение деталей довольно компактное и даже принят ряд мер по предотвращению самовозбуждения: например, трехконтурный фильтр сосредоточенной селекции ФСС удален от магнитной антенны, последний контур УПЧ отнесен от ФСС. Однако наладить приемник, выполненный в таком конструктивном оформлении, практически невозможно. Вот основные промахи, допущенные радиолюбителем-конструктором:

1. Между контурами фильтра сосредоточенной селекции, кроме емкостной связи, имеются паразитные индуктивные связи, величины которых зависят от материала магнитного сердечника катушек контуров ПЧ, взаиморасположения их и искажающих поле деталей, размещенных в непосредственной близости к ним. Поэтому получается совершенно неудовлетворительная избирательность.

2. Расположенные в торец друг другу транзисторы T_2 и T_3, работающие в каскодной схеме УПЧ, имеют большую взаимную емкость, сводящую на нет достоинства каскодной схемы и приводящую к самовозбуждению каскада ПЧ.

3. Последний контур ПЧ расположен в непосредственной близости к входному и гетеродинному контурам.

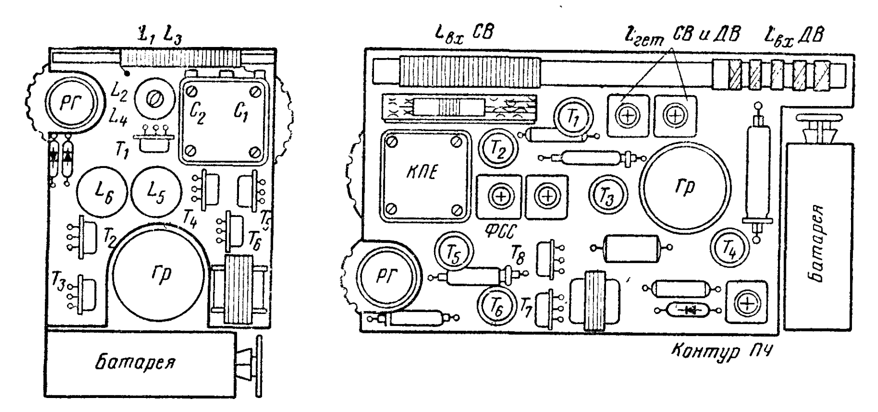


Рис. 7. Примеры правильного расположения деталей в одно- и двухдиапазонном супергетеродинных приемниках.

4. Параллельно и в непосредственной близости к магнитной антенне размещен детекторный каскад, в том числе его выходная цепь (регулятор громкости).

5. Трансформаторы НЧ расположены так, что между ними на верхних звуковых частотах возможна магнитная связь, приводящая к самовозбуждению УНЧ. Кроме того, возможна индуктивная связь выходного трансформатора с магнитной антенной.

6. Регулятор громкости на входе УНЧ расположен рядом с его выходом.

7. Применение громкоговорителя с кольцевым оксидно-бариевым магнитом ухудшает добротность контура магнитной антенны, так как уменьшает его индуктивность. Если настроить приемник вне корпуса, то поле громкоговорителя расстраивает входной контур при помещении платы в корпус приемника и т. д.

На рис. 7 приведены примеры правильного расположения деталей на монтажных платах приемников с вертикальным и горизонтальным расположением плат в корпусе. Конечно, это не единственные способы размещения деталей в приемниках подобного типа, но эти примеры иллюстрируют основные правила размещения отдельных каскадов. Контуры трансформаторов промежуточной частоты всегда необходимо помещать в экраны. Катушки контуров гетеродина могут не иметь экранов только в случае перпендикулярного расположения их осей к оси магнитной антенны. Выходной контур УПЧ даже в экране следует монтировать как можно дальше от магнитной антенны. У приемников с высокой чувствительностью иногда последний каскад УПЧ вместе с его контуром, детектором и фильтром НЧ размещают в общем, дополнительном экране для предотвращения самовозбуждения на частотах, близких к промежуточной частоте и ее гармоникам.

Конструируя плату, следует учитывать и акустические требования, предъявляемые к приемнику. Для обеспечения хорошего качества звучания необходимо позаботиться о наличии достаточного воздушного объема в корпусе приемника, особенно вокруг громкоговорителя.

Расположение органов управления приемников, если оно не предопределено конструкцией используемого корпуса, должно удовлетворять удобству пользования приемником. В местах расположения ручек управления в корпусе приемника следует сделать углубления, чтобы ручки не слишком возвышались над стенкой корпуса. Этим предотвращаются непроизвольные смещения ручек или их поломка при эксплуатации приемника.

В корпусе приемника желательно предусматривать отсек для размещения источника питания, особенно если это аккумулятор. В последнем случае необходимо также предусмотреть гнезда, позволяющие производить зарядку аккумулятора, не вынимая его из приемника.

МОНТАЖ РАДИОАППАРАТУРЫ [1]

Для выполнения работ по креплению радиодеталей и при их электрическом монтаже необходим набор инструментов, показанный на стр. 290.

Все детали перед установкой в радиоаппаратуру необходимо проверять. Невыполнение этого условия в дальнейшем при налаживании радиоаппаратуры потребует затраты лишнего времени на поиски неисправной детали, так как найти неисправную деталь в смонтированной схеме значительно труднее.

Резисторы надо проверить на соответствие их величин номиналу, указанному на корпусе.

Конденсаторы необходимо проверить на отсутствие пробоя и на скрытый обрыв выводов (это иногда бывает, особенно у конденсаторов КСО). У моточных деталей проверяют сопротивление обмоток и отсутствие замыкания между ними.

Радиодетали, имеющие ушки, фланцы, лапки и т. п., а также экраны и распивочные платы прикрепляют к шасси винтами с гайками, заклепками или пистонами (рис. 1). Для радиодеталей, не имеющих элементов крепления, но по своей конструкции требующих жесткого крепления на шасси, изготовляют скобы, хомуты и т. п. детали, которые прикрепляют к шасси заклепками или винтами.

[1] По материалам Г. А. Бортновского.

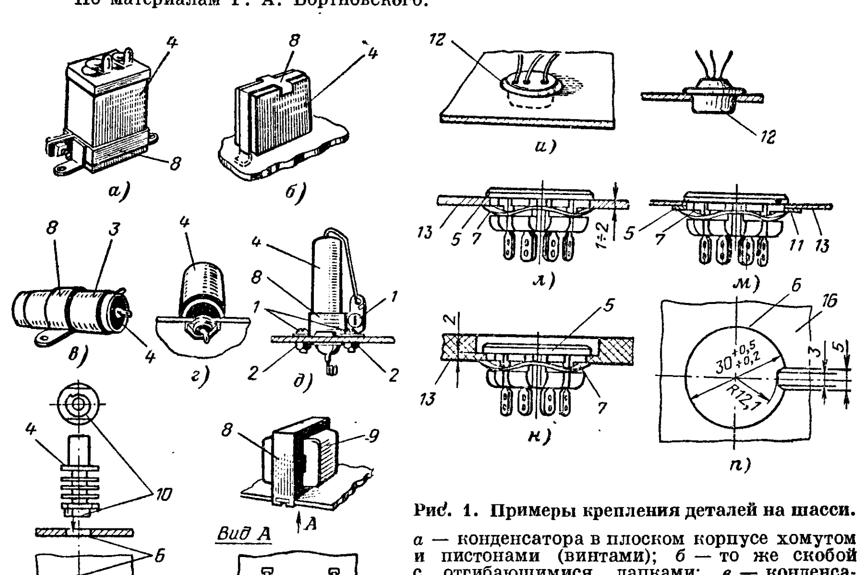


Рис. 1. Примеры крепления деталей на шасси.

а — конденсатора в плоском корпусе хомутом и пистонами (винтами); *б* — то же скобой с отгибающимися лапками; *в* — конденсатора КЭ-1 скобой и винтом (или пистоном); *г* — конденсатора КЭ-2 (К50-3; К50-7); *д* — цилиндрического бумажного или металлобумажного конденсатора хомутом и винтами; *е* — контурной катушки (фрикционное); *ж* — дросселя с сердечником из электротехнической стали, выходного трансформатора или трансформатора питания скобой с отгибающимися лапками; *и* — маломощного транзистора; *л* — октальной ламповой панели (пружинящим кольцом); *м* — то же на шасси из металла толщиной меньше 1 *мм*; *н* — то же на шасси из изоляционного материала толщиной более 2 *мм*; *п* — размеры посадочного отверстия в шасси под стандартную октальную ламповую панель; *1* — винт или пистон; *2* — гайка; *3* — изоляционная прокладка; *4* — конденсатор, катушка; *5* — ламповая панель; *6* — отверстие в шасси; *7* — пружинящая шайба; *8* — металлическая скоба; *9* — трансформатор; *10* — фрикционный замок; *11* — металлическая шайба; *12* — маломощный транзистор; *13* — монтажная панель.

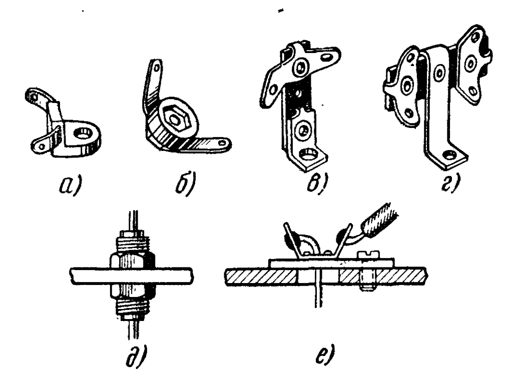


Рис. 2. Изоляторы.

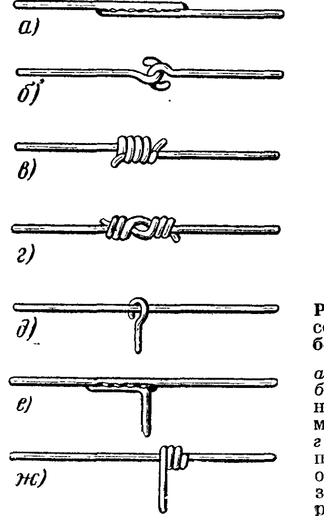
а, *б* — опорные пластмассовые; *в*, *г* — то же из листового гетинакса или текстолита; *д* — проходной; *е* — проходной из листового гетинакса.

Крепление электролитических конденсаторов КЭ-2, К50-7 и К50-3, переменных резисторов СП-I, СП3-3, СПО и других осуществляют так: в шасси сверлят или прорезают отверстие, в которое пропускают шейку (втулку) детали и на нее с обратной стороны панели навинчивают гайку (рис. 1, *г*). Трансформаторы НЧ, ПЧ и некоторые другие детали крепят лапками, пропущенными через круглые или прямоугольные отверстия в шасси и загнутыми с обратной стороны (рис. 1, *б* и *ж*). Для крепления октальных ламповых панелей применяют пружинные кольца (рис. 1, *л*). Если такую панель нужно укрепить к шасси из материала толщиной менее 1 *мм*, под пружинное кольцо необходимо подложить шайбу (рис. 1, *м*). Если же панель должна быть укреплена на плате толщиной более 2 *мм*, отверстие делают с уступом (рис. 1, *н*).

Для крепления контурных катушек применяют фрикционные замки. Нижнюю часть каркаса катушки, скрепляемую с платой, выполняют в виде спирали Архимеда (рис. 1, *е*). Отверстие в шасси делают фасонным, такой же формы, как и выступ каркаса катушки. Нижнюю часть последнего вставляют в отверстие шасси и поворачивают; тогда каркас катушки заклинивается в отверстии. Этот вид крепления имеет много разновидностей, отличающихся в основном формой нижней части катушки и отверстия в шасси.

Броневые сердечники катушек обычно крепят к шасси клеем БФ.

Маломощные транзисторы закрепляют в отверстии изоляционной платы при помощи клея БФ, их выводы припаивают к лепесткам, стойкам или



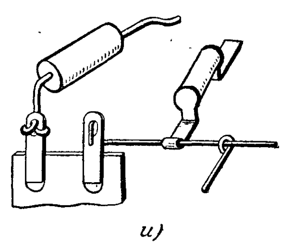


Рис. 3. Способы механического соединения проводов между собой и с деталями перед пайкой.

а — простейшее соединение; *б* — с загибанием концов соединяемых проводов; *в* — с помощью проволочного бандажа; *г* — двойной скруткой; *д*, *е* — простейшие ответвления; *ж* — ответвление со скруткой; *и* — закрепление выводов резисторов и конденсаторов.

выводам деталей (рис. 1, *и*). Монтаж маломощных транзисторов на печатной плате показан на рис. 10, стр. 312. Мощные транзисторы (типа П4, П201—П203, П213—П217 и т. п.) при работе нагреваются. Для обеспечения хорошего теплоотвода их монтируют на металлическом шасси так, чтобы корпус плотно прижимался винтами к шасси. Для электрической изоляции корпуса транзистора от шасси или специального радиатора между последним и корпусом транзистора кладут тонкую слюдяную прокладку, а винты изолируют втулками из изоляционного материала.

Рис. 4. Заземляющие лепестки.

а — *г* — виды лепестков; *д* — крепление лепестка на шасси винтом с гайкой; *е* — то же пистоном; *ж* — лепесток, припаянный или приваренный к шасси; *и* — лепесток, вырубленный из материала шасси.

Жесткий монтаж применяют преимущественно в ВЧ каскадах. Он выполняется медным голым луженым или серебреным проводом диаметром 1—1,5 *мм*. Если провод помят, то его выпрямляют вытягиванием, закрепляя один конец в тисках, а второй зажимая плоскогубцами.

На провод можно надеть кембриковую трубку (не следует заключать его в полихлорвиниловую трубку, так как при пайке она плавится и деформируется). Небольшие детали — резисторы МЛТ и ВС, конденсаторы КСО, КД, КТ, КЛС, полупроводниковые диоды Д1, Д2, Д7, Д9, Д226 — крепят непосредственно на лепестках ламповых панелей и на выводах крупных радиодеталей. Если мелкие радиодетали не удается так укрепить, то для их подвески используют опорные изоляторы — изоляционные стойки с металлическими лепестками (рис. 2, *а* — *г*). Когда монтажный провод нужно пропустить сквозь металлическую панель, применяют проходные изоляторы (рис. 2, *д* и *е*).

Концы провода при монтаже механически закрепляют в отверстиях выводов радиодеталей, а затем опаивают свинцовооловянным припоем ПОС-40 или ПОС-60 (рис. 3, *и*). Сращивание двух кусков монтажного провода делают согласно рис. 3, *а* — *г*, а отводы по рис. 3, *е* и *ж*. Места соединений тщательно пропаивают. Соединения, показанные на рис. 3, *б* — *д* и *ж*, весьма надежны. Если изготовляемая аппаратура не будет подвергаться тряске, можно применять упрощенные соединения, показанные на рис. 3, *а* и *е*.

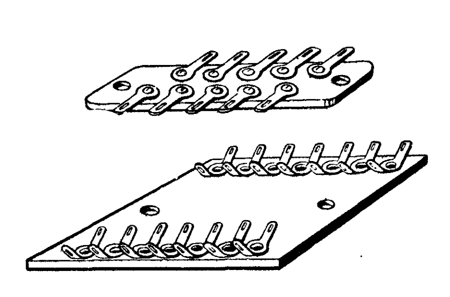


Рис. 5. Монтажные панели с лепестками из листовой латуни.

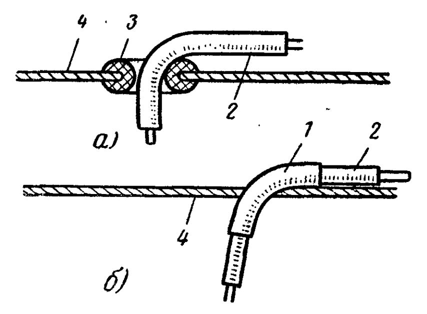


Рис. 6. Проход провода сквозь металлическое шасси через резиновый пистон (*а*) и с защитой провода изоляционной трубкой (*б*).

1 — изоляционная трубка; *2* — провод; *3* — резиновый пистон; *4* — металлическое шасси (панель).

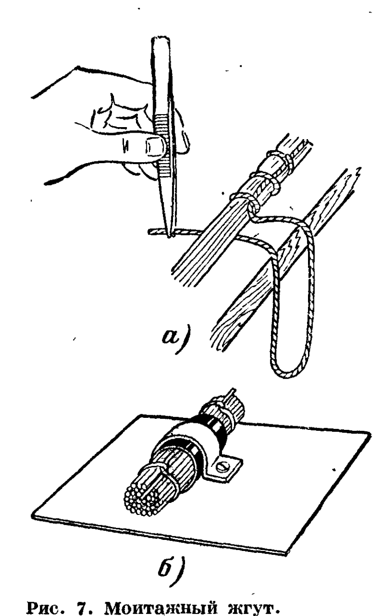


Рис. 7. Монтажный жгут.

а — вязка жгута; *б* — крепление жгута к шасси скобой.

Не следует располагать близко и вести параллельно провода цепей анода и управляющей сетки электронной лампы. На пересекающиеся неизолированные провода во избежание замыкания между ними надо надевать кембриковые трубки.

Соединение выводов с шасси осуществляется с помощью так называемых заземляющих («земляных») лепестков (рис. 4, *а* — *г*). Их крепят к шасси винтами с гайками, заклепками, пистонами (рис. 4, *д* и *е*) либо приваривают или припаивают к шасси (рис. 4, *ж*). Иногда заземляющие лепестки вырубают в материале самого шасси и отгибают (рис. 4, *и*).

Мягкий монтаж применяют при монтаже низкочастотных цепей, цепей питания и выпрямительных устройств. Его выполняют гибким многожильным проводом. При этом мелкие радиодетали крепят на монтажных панелях из изоляционного материала, имеющих по два ряда металлических стоек или лепестков, к которым припаивают проволочные выводы радиодеталей и монтажные провода (рис. 5). На каждой паре лепестков крепят одну деталь, но иногда для уменьшения размеров расшивочной панели на двух парах лепестков крепят три детали. Применение монтажных панелей повышает прочность крепления деталей и надежность монтажа.

Во избежание повреждения изоляции монтажного провода при проходе его сквозь шасси в отверстие последнего укрепляют резиновый пистон или же надевают на провод изоляционную трубку (рис. 6).

Цепи накала ламп монтируют свитым в шнур гибким проводом в резиновой или полихлорвиниловой (винилитовой) изоляции. Для уменьшения фона переменного тока среднюю точку обмотки накала трансформатора питания рекомендуется заземлять.

При монтаже выпрямителя и некоторых других устройств (например, коммутационных проводов магнитофона) приходится вести на значительное расстояние пучок проводов. В этом случае их связывают в жгут, который укрепляют на шасси металлическими скобками с прокладками из картона или лакоткани (рис. 7, *а*, *б*).

Зачистка концов проводов. С концов проводов, которые нужно припаять к выводам радиодеталей, осторожно, чтобы не повредить жилы провода, снимают изоляцию. Нож при этом применять нежелательно. При некотором навыке можно пользоваться кусачками: изоляцию провода слегка закусывают между их лезвиями и осторожно сдвигают с токоведущей жилы. В крайнем случае изоляцию осторожно снимают ножом, стараясь не надрезать жилу.

Провод большого диаметра в эмалевой изоляции можно зачищать мелкой шкуркой или ножом. Тонкий же провод в такой изоляции надо нагреть в пламени свечи или спички, а затем быстро опустить в спирт. Эмаль при этом разрушится и легко будет очищаться. Таким способом зачищают и лицендрат — высокочастотный (многожильный) провод. Все его жилки должны быть тщательно зачищены и спаяны вместе. Если хоть одна из них не будет соединена с остальными, добротность катушки, намотанной из лицендрата, ухудшится [1].

---

[1] Пояснение термина «добротность» см. на стр. 303.

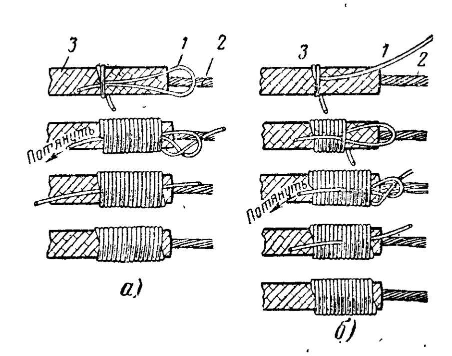


Рис. 8. Последовательность оклетневки конца изолированного провода двумя способами (*а* и *б*).

1 — нитка; *2* — металлическая жила; *3* — изоляция.

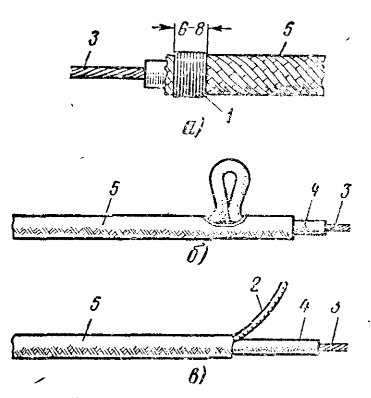


Рис. 9. Заделка концов экранированного провода.

а — проволочным бандажом; *б*, *в* — последовательность операций при необходимости соединить оплетку провода с шасси; *1* — проволочный бандаж; *2* — вывод от оплетки; *3* — центральная жила; *4* — изоляция; *5* — металлическая оплетка.

Оклетневка. Если провод имеет хлопчатобумажную, шелковую изоляцию или оплетку из стекловолокна, то для того, чтобы зачищенные концы ее не растрепались, на нее накладывают ниточную оплетку — оклетневку (рис. 8).

На тонком проводе оклетневку сделать трудно, поэтому изоляцию у его зачищенного конца промазывают клеем БФ или 88-Н.

Заделка концов экранированного провода. Ножницами или кусачками «распарывают» металлическую оплетку на нужную длину, аккуратно обрезают ее вокруг провода и закрепляют проволочным бандажом, который пропаивают (рис. 9, *а*). Если металлическую оплетку нужно соединить с шасси, то на расстоянии 20—30 *мм* от конца провода пинцетом раздвигают проволочки оплетки, вытягивают провод (рис. 9, *б*), образовавшийся отросток оплетки скручивают (рис. 9, *в*), залуживают и припаивают к заземляющему лепестку шасси.

ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ [1]

Большинство промышленных способов изготовления плат с печатным монтажом требует сложного оборудования и дефицитных химикатов. В радиолюбительских условиях доступными являются два способа изготовления таких плат: метод переводной картинки (декалькомания) и травление фольгированного гетинакса.

Сущность первого метода заключается в том, что схема, вырезанная из медной фольги и смонтированная на какой-либо подложке (например, бумаге), наклеивается на гетинакс, после чего подложка удаляется. Для изготовления платы таким способом не требуется сложных приспособлений, а также никаких реактивов. Недостатком его является сравнительно большая трудоемкость.

Второй способ состоит в том, что на фольгированный гетинакс наносится кислотоупорной краской рисунок «печатных» проводников, после чего не защищенные краской части фольги вытравляются. Этот способ менее трудоемок, чем предыдущий, но для него нужен реактив — хлорное железо, которое не всегда можно приобрести.

[1] По материалам Г. А. Бортновского.

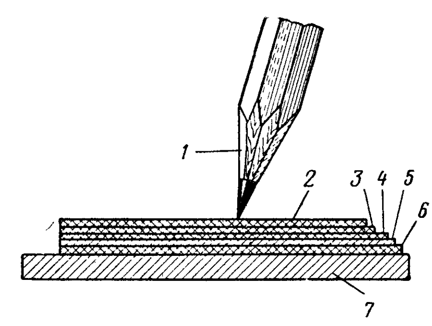


Рис. 1. Первая операция при изготовлении печатной платы методом переводной картинки.

1 — карандаш; *2* — миллиметровка с начерченной печатной схемой; *3* — копировальная бумага; *4* — пергамент или чертежная прозрачная бумага; *5* — медная фольга; *6* — ватман; *7* — металлическая пластина.

Способ переводной картинки. Для изготовления платы по этому способу требуется гетинакс толщиной от 1 до 2 *мм*, медная фольга толщиной 0,05 *мм*, клей БФ-2, клей конторский универсальный казеиновый или синдетикон, миллиметровка, пергамент, копировальная и писчая бумага. Из приспособлений требуются только две металлические пластины, между которыми зажимается плата при наклейке печатной схемы.

Под вычерченную в натуральную величину на миллиметровке печатную схему подкладывают последовательно копировальную бумагу, пергамент (чертежная прозрачная бумага), фольгу и, наконец, какую-либо подложку, например толстую бумагу или картон (рис. 1). Все листы скрепляют по краям скрепками, после чего полученную пачку кладут на ровный металлический лист или стекло и остро заточенным твердым карандашом тщательно обводят контуры печатной схемы. После снятия скрепок получим пергамент, на котором будет виден четкий рисунок печатной схемы; такой же рисунок будет виден и на фольге в виде рельефных линий.

Фольгу перед нанесением на нее рисунка надо обработать с одной стороны наждачной шкуркой, для того чтобы она лучше приклеилась к гетинаксу. Для этого фольгу кладут на стекло и при помощи мелкой шкурки ее глянцевую поверхность делают шероховатой. При копировке фольгу кладут шероховатой стороной вниз.

По контурам печатной схемы ножницами вырезаем из фольги проводники будущей схемы и приклеиваем их глянцевой стороной казеиновым клеем к пергаменту (рис. 2). Силикатный конторский клей непригоден, он не смачивает металл и не держится на медной фольге. Клей следует накладывать тонким, равномерным слоем и следить за точным совпадением контуров проводников с рисунком на пергаменте. Для точного совмещения печатных проводников с гетинаксовой платой на пергамент наклеивают центрирующую рамку. Наклейку схемы на гетинаксовую плату нужно производить немедленно после того, как проводники схемы смонтированы на пергаменте; если клей высохнет, проводники могут отделиться от пергамента. Плата должна быть обрезана так, чтобы она точно входила внутрь наклеенной на пергамент центрирующей рамки. Мелкой шкуркой надо протереть ту сторону платы, к которой будет приклеена схема.

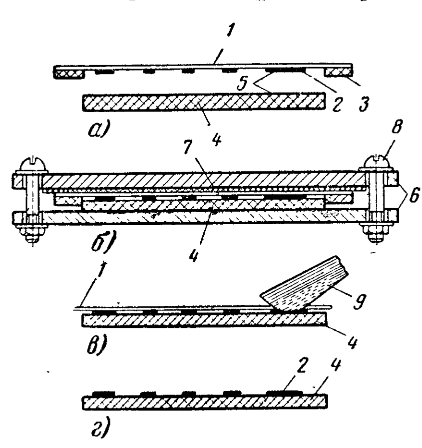


Рис. 2. Наклейка схемы на плату.

а — наклейка схемы; *б* — полимеризация клея; *в* — соскабливание подложки (пергамента); *г* — готовая печатная плата; *1* — пергамент; *2* — «печатные» проводники; *3* — центрирующая рамка; *4* — гетинаксовая плата; *5* — матовые поверхности; *6* — металлические пластины; *7* — ватман; *8* — винт с гайкой; *9* — скальпель.

В случае расположения проводников с двух сторон платы (двусто-

ронний печатный монтаж) такую же рамку с монтажом делают и для другой стороны и наклеивают проводники одновременно с двух сторон платы.

Такой сравнительно сложный технологический процесс необходим, так как прочно приклеить клеем БФ проводники к плате не удается, клей недостаточно вязок и плохо удерживает проводники на гетинаксовой плате (они отклеиваются и смещаются), в то же время универсальный клей достаточно прочно соединяет проводники с пергаментом. Затруднено нанесение рисунка печатных проводников на гетинаксовую плату. Если его нанести на плату через копировальную бумагу, то плата сделается жирной и к ней проводники плохо приклеятся, а при обезжиривании смывается рисунок. Поэтому и необходим предварительный монтаж схемы на пергаменте.

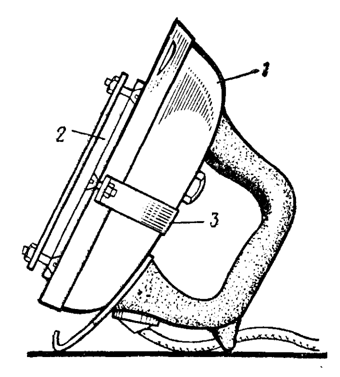
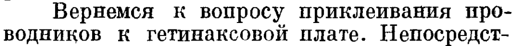


Рис. 3. Нагрев печатной платы с помощью утюга.

1 — утюг; *2* — пакет с печатной платой; *3* — скоба.

Вернемся к вопросу приклеивания проводников к гетинаксовой плате. Непосредственно перед склейкой матовые поверхности платы и проводников обезжиривают ацетоном, спиртом, грушевой эссенцией или любым другим растворителем. После этого обе склеиваемые поверхности покрывают тонким слоем клея БФ-2, которому дают подсохнуть в течение 10 *мин*. После того как клей подсохнет, на поверхность проводников при помощи кисточки вторично наносят слой клея и на смазанную клеем схему кладут гетинаксовую плату шероховатой стороной вниз. Весь пакет зажимают между двумя металлическими пластинами, которые стягивают винтами и выдерживают в таком виде в течение часа при комнатной температуре. После этого пакет нагревают до 120° С в течение 3 *ч*. Нагревать можно с помощью утюга, прижав пакет к его подошве (рис. 3). При этом надо следить за нагревом утюга, периодически выключая его, чтобы он не перегрелся. Желательно использовать утюг с терморегулятором.



После остывания пакет разбирают и с платы острым скальпелем или ножом соскабливают приклеенную к плате бумагу — подложку. Для облегчения работы бумагу надо увлажнять. Когда вся бумага будет соскоблена с платы, плату с проводниками шлифуют мелкой шкуркой и промывают растворителем. В плате сверлят отверстия для крепления деталей. Необходимо следить за тем, чтобы отверстия, как правило, проходили через центры уширенных концов проводников.

Сверлить надо остро заточенным сверлом; при тупом сверле гетинакс будет вспучиваться вокруг отверстий, что вызовет отслаивание фольги.

Большие отверстия и отверстия для крепежа сверлят по разметке.

Способ травления фольгированного гетинакса. При помощи копировальной бумаги рисунок монтажа переносят на оклеенный фольгой гетинакс со стороны последней. Фольгированный гетинакс используется заводской, марки ГФ-1 или может быть изготовлен радиолюбителем.

В местах, где должны быть отверстия, набивают керном углубления (рис. 4, *а*), после чего миллиметровку и копировальную бумагу удаляют. Места фольги, которые должны оставаться на плате, закрашивают нитролаком, цапонлаком, асфальтобитумным или каким-либо другим лаком. Сначала на все набитые керном углубления ставят лаком точки. Проще всего это делать спичкой, обмакнув ее конец в лак. Нужно следить за тем, чтобы углубление, набитое керном, было в центре точки. Диаметр точки должен быть 2,5—3 *мм* (рис. 4, *б*). Когда все точки поставлены, их соединяют лаком между собой согласно схеме. Соединительные линии проводят с помощью колонковых кисточек № 2 или 3; прямые линии можно выполнить рейсфедером (рис. 4, *в*).

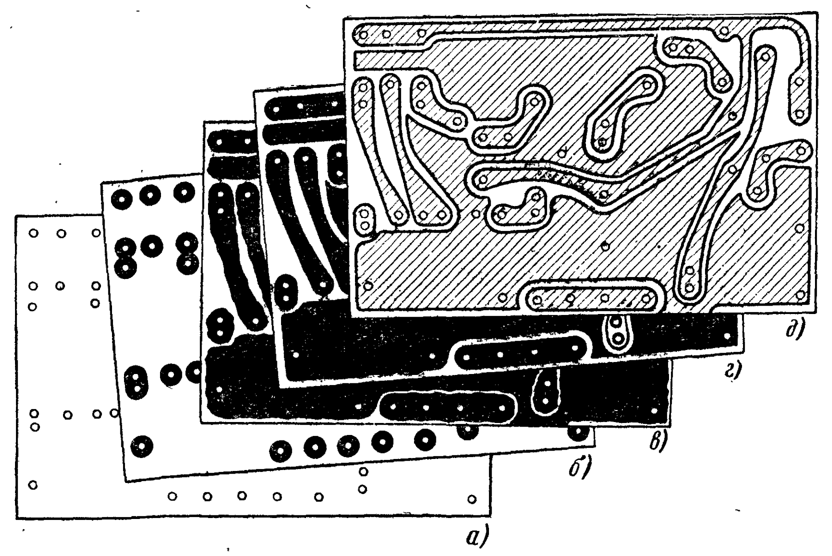


Рис. 4. Изготовление печатной платы методом травления фольгированного гетинакса.

а — кернёный фольгированный гетинакс; *б* — нанесение точек; *в* — рисунок печатных проводников; *г* — отретушированный рисунок; *д* — вытравленная плата.

После высыхания лака плату ретушируют, т. е. подправляют рисунок скальпелем, лезвием безопасной бритвы или специальным скребком, используемым при ретуши фотографий (рис. 4, *г*).

Отретушированную плату подвергают травлению, для чего ее помещают в фарфоровую или пластмассовую фотографическую ванночку с раствором хлорного железа ($FeCl_3$) плотностью 1,3 (для получения такого раствора в стакан емкостью 200 *см*³ кладут 150 *г* хлорного железа и заливают его до краев водой), ванночку энергично и непрерывно покачивают. Схема полностью вытравливается за 50—60 *мин*. Если раствор подогреть до 40° С, то плата вытравится за 10—15 *мин*. С вытравленной платы смывают растворителем лак, хорошо ее промывают несколько раз попеременно холодной и кипящей водой, сушат и в местах, набитых керном, остро заточенными сверлами делают в плате отверстия для выводов радиодеталей (рис. 4, *д*).

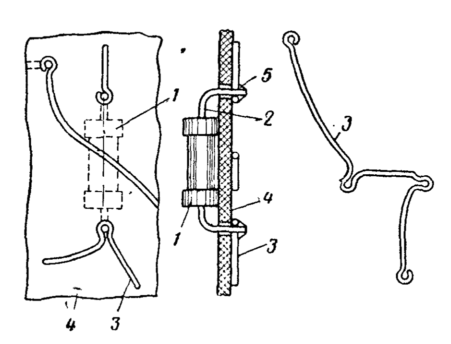


Рис. 5. Проволочные соединения, имитирующие печатный монтаж.

1 — радиодеталь; *2* — проволочные выводы радиодетали; *3* — проводник, имитирующий печатный; *4* — гетинаксовая плата; *5* — пайка.

Угол заточки сверла должен быть от 45 до 60°. После сверления 25—30 отверстий сверло следует заточить или заменить на новое. Если сверлить затупившимся сверлом, то гетинакс и фольга будут вспучиваться вокруг отверстия и фольга может отделиться от гетинакса.

После этого плату полируют мелкой шкуркой, промывают растворителем и покрывают канифольным лаком (15%-ный раствор канифоли в спирте), который предохранит проводники от окисления и облегчит пайку радиодеталей.

Выводы радиодеталей, которые будут укреплены на печатной плате, отгибают в одну сторону (рис. 10 на стр. 312), пропускают через отверстия в плате и припаивают к печатным проводникам. Детали должны плотно лежать на плате. Их выводы выгибают так, чтобы при нажиме на деталь выводы не могли перемещаться в отверстиях платы (перемещающиеся выводы могут отрывать печатные проводники от платы).

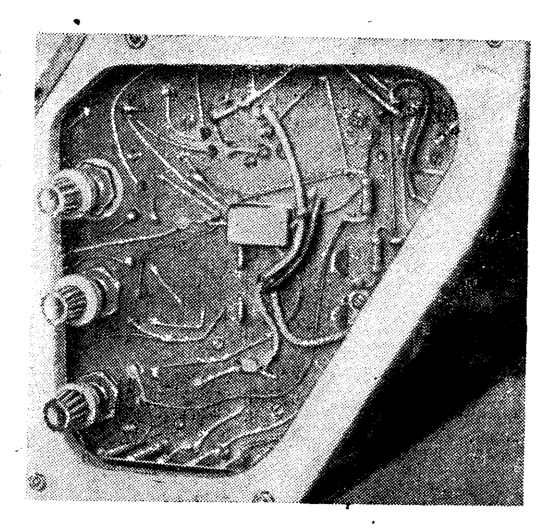


Рис. 6. Плата с имитацией печатного монтажа.

Имитация печатного монтажа. Плата с имитацией печатного монтажа представляет собой гетинаксовую плату, в которой просверлены отверстия для крепления деталей согласно чертежу платы с печатным монтажом. В эти отверстия пропускают выводы деталей и соединяют их между собой отрезками голого медного луженого или серебряного провода, выгнутого по форме проводника печатного монтажа (рис. 5). Эти проводники укладывают вплотную на плоскость гетинаксовой платы и места соединений с выводами деталей пропаивают. После пайки всех выводов плату промывают каким-либо растворителем и покрывают (со стороны проводников) клеем БФ-2, который приклеивает проводники к плате. Покрывать клеем нужно 2—3 раза, каждый раз после высыхания предыдущего слоя. На рис. 6 показана плата, смонтированная таким способом.

Пайка навесных деталей. Пайку деталей к печатным платам надо производить с большой осторожностью; при сильном и длительном перегреве печатных проводников они отклеиваются от платы.

Для пайки следует применять свинцовооловянные припои с низкой температурой плавления; больше всего подходит ПОС-60. Для пайки радиоаппаратуры на транзисторах желательно применять припои с более низкой температурой плавления, например ПОК-56.

Рекомендуется пользоваться трансформаторным паяльником (рис. 8, *17* на стр. 290). Пользуясь обычным паяльником с жалом диаметром 6—8 *мм*, можно перегреть при пайке печатные проводники. Для того чтобы избежать этого, на жало паяльника надо навить несколько витков медной 2-*мм* проволоки (рис. 7), оставив прямой конец длиной 15 *мм*. Такая насадка обеспечивает получение очень чистых и ровных паек.

При пайке полупроводниковых приборов во избежание их перегрева следует зажимать выводы плоскогубцами, играющими в данном случае роль теплоотвода.

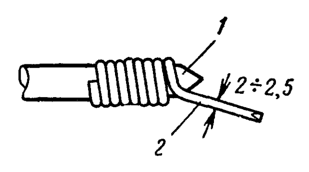


Рис. 7. Проволочная насадка на паяльник.

1 — жало паяльника; *2* — насадка.

Изготовление фольгированного гетинакса. При отсутствии фольгированного гетинакса заводского производства наклейка фольги на гетинакс производится следующим образом. Одну сторону фольги, а также гетинакса делают шероховатой при помощи мелкой шкурки, обезжиривают (промывают спиртом, ацетоном, эфиром и т. п.), смазывают фольгу и гетинакс тонким слоем клея БФ-2 и дают ему подсохнуть 10—15 *мин*. Вторично смазывают гетинакс слоем клея, прикладывают к нему фольгу, следя за тем,

чтобы между фольгой и гетинаксом не было воздушных пузырьков, и зажимают гетинакс с приклеенной фольгой между двумя металлическими пластинами.

Между фольгой и металлической пластиной надо проложить два-три листа ватмана. В качестве зажима можно использовать струбцинки или винты, для которых по краям пластин сверлят отверстия. Собранный таким образом пакет выдерживают сначала в течение 1 *ч* при комнатной температуре, а затем в течение 3 *ч* при температуре 120° С.

МОНТАЖНЫЙ СТОЛИК [1]

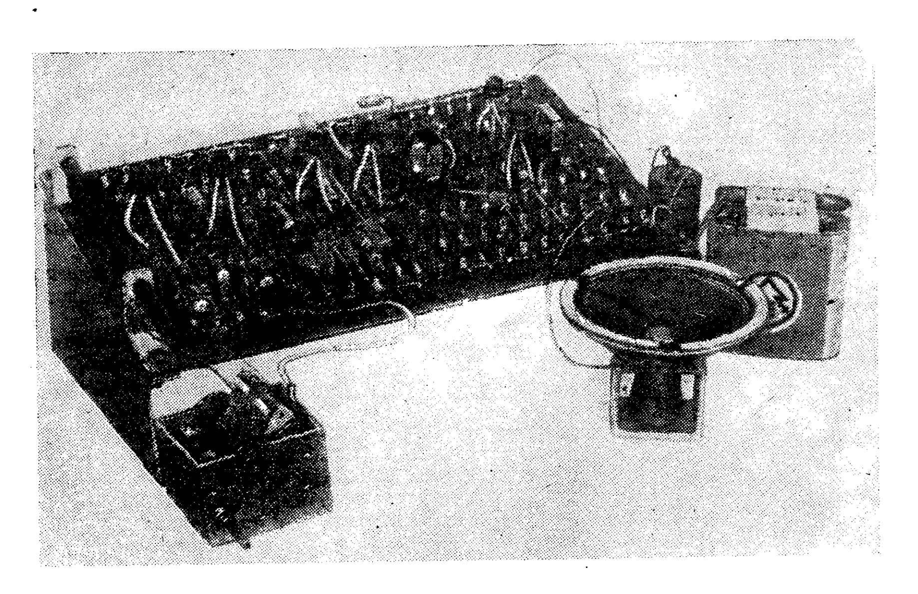
Приобретая наборы деталей транзисторных приемников, многие радиолюбители сразу собирают их на монтажных платах, считая, что приемники должны непременно сразу начать работать. Это не всегда так: даже однотипные транзисторы имеют большой разброс электрических параметров, что оказывает непосредственно влияние на работу электронных схем.

Целесообразно собирать «летучую схему» приемника и произвести на ней подбор деталей и необходимые регулировки. Однако при замене деталей иногда невозможно избежать их поломки.

Удобнее использовать для макетирования приемников любой сложности монтажный столик (см. фото). Он представляет собой текстолитовую или гетинаксовую панель толщиной 3—4 *мм* и размером 120×250 *мм*, на которой размещены 7 рядов контактных лепестков. Расстояние между лепестками 10 *мм*. Их можно сделать из тонкой жести. Крепятся лепестки к панели заклепками, изготовленными из медной или алюминиевой проволоки толщиной 2—2,5 *мм*.

Использование монтажной панели позволяет выпаивать и впаивать другую деталь, не нарушая остальной монтаж, не опасаясь перегрева или поломки транзисторов.

[1] Автор Б. В. Портной.



Такие столики могут быть с успехом использованы в учебных целях в кружках.

Приемник монтируют и налаживают по частям: сначала УНЧ, а потом УВЧ. При таком макетировании легко проверить соответствие сделанных соединений принципиальной схеме, качество пайки и т. д.

Этот метод себя оправдал в многолетнем опыте работы студентов в конструкторском бюро Московского государственного педагогического института имени В. И. Ленина, в задачи которого входит подготовка будущих учителей физики к руководству техническим творчеством школьников.

На фото показан для примера собранный на столике макет транзисторного приемника 2-V-3.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ НАВОДОК И ПАРАЗИТНЫХ СВЯЗЕЙ

При монтаже радиоприборов следует различать четыре группы электрических цепей: 1) цепи питания постоянным током; 2) цепи питания переменным током частоты электросети; 3) цепи низкой частоты и 4) высокочастотные цепи.

Действие цепей первых двух групп не может быть нарушено какими-либо наводками со стороны других цепей любых групп, ибо наводимые в них потенциалы ничтожно малы в сравнении с действующими.

Тем не менее произвольное расположение и монтаж этих цепей в радиоаппарате могут привести к неприятным последствиям, так как они могут явиться переносчиками наведенных помех (главным образом высокочастотных) из одних цепей в другие. Кроме того, цепи питания переменным током могут оказывать влияние на близко расположенные провода с токами низкой частоты (особенно сеточные), что проявляется в виде фона переменного тока в громкоговорителе.

Высокочастотные и низкочастотные цепи при малых величинах действующих в них напряжений могут воспринимать вредные для их нормальной работы помехи со стороны других цепей, а при больших величинах напряжений и токов сами могут создавать наводки в других цепях. При этом может возникнуть обратная связь. Положительная обратная связь возникает, когда налагающиеся друг на друга переменные токи приблизительно совпадают по фазе: она вызывает сначала повышение усиления, а затем генерацию. Если между налагающимися друг на друга напряжениями сдвиг фаз равен приблизительно 180°, то возникает отрицательная обратная связь и как следствие ее уменьшение усиления.

Чем больше каскадов усиления после того или иного проводника, несущего токи высокой или низкой частоты, и чем этот проводник длиннее, тем опаснее влияние на него внешних полей. С другой стороны, чем больше каскадов усиления включено до него, тем большее напряжение получается в нем и тем сильнее его излучение. Поэтому, начиная с определенной длины проводника, в цепях высокой и низкой частот нельзя обойтись без его экранирования.

К посторонним полям низкой и высокой частот наиболее чувствительны провода, соединенные с управляющей сеткой лампы или базой транзистора, к которым подводится напряжение низкой или высокой частоты. К этой же группе проводов относятся отводы катушек и трансформаторов, которые ни непосредственно, ни через конденсаторы большой емкости не соединены с землей (корпусом) или проводом минуса анодного напряжения.

Все провода, несущие токи низкой и высокой частот, должны быть как можно короче и прокладывать их надо по возможности прямолинейно. При длине провода больше 40—50 *мм* и условии, что соседние провода относятся к каскадам с большой разницей уровня сигнала (один-два каскада), необходимо эти провода экранировать.

---

[1] Лабутин В. К. Книга радиомастера. Госэнергоиздат, 1964 (Массовая радиобиблиотека).

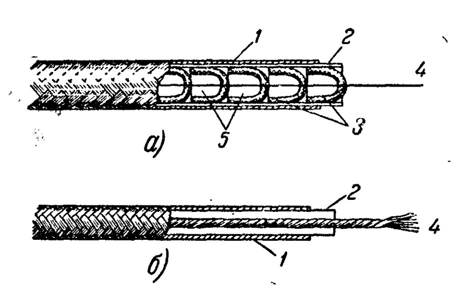


Рис. 1. Экранированные провода.

1 — броня; *2* — изоляционная трубка; *3* — изолирующие втулки; *4* — проводник; *5* — воздух.

Характер экранирования определяется частотой проходящего по проводам тока и внутренним сопротивлением его источника (внутренним сопротивлением лампы, сопротивлением колебательного контура и т. п.).

Для экранирования высокочастотных цепей следует применять экранированные провода с минимальной емкостью. Такие провода имеют металлическую броню относительно большого диаметра (примерно 5—10 *мм*) и тонкую (0,3—0,5 *мм*) проволочную жилу (рис. 1)[1]. Чем толще проволочная жила, тем больше должен быть диаметр экранирующей оболочки, чтобы получилась та же емкость.

Провода с токами низкой частоты менее требовательны к качеству экранирования.

Однако в усилителях с широкой полосой частот применение экранов с большой емкостью ухудшает частотную характеристику, срезая высшие частоты. Поэтому и здесь приходится применять короткие соединения высокочастотным экранированным проводом.

Все экранирующие оболочки должны быть заземлены, так как иначе они не достигают своей цели. Места их соединения с корпусом (шасси) должны быть тщательно продуманы или выбраны экспериментально.

Провода питания постоянным и переменным током низкого напряжения (для нитей накала ламп сетевых приемников) можно объединять в жгуты. В эти жгуты можно также вплетать и экранированные провода с токами низкой частоты, но нельзя вплетать провода, входящие в колебательный контур и несущие высокочастотные токи, даже если они экранированы. Провода, находящиеся под сетевыми переменными напряжениями, следует прокладывать на возможно большем расстоянии от всех чувствительных к звуковой частоте деталей и вплетать их в жгуты с другими проводами питания не следует.

Источниками сильных магнитных полей являются: катушки, дроссели и трансформаторы, особенно имеющие незамкнутые сердечники или сердечники с воздушным зазором. Эти же элементы одновременно являются наиболее чувствительными к посторонним магнитным полям. Переносчиком низкочастотного магнитного поля может быть стальное шасси приемника или усилителя.

Наиболее опасны связи между различными катушками и трансформаторами, работающими в одинаковых полосах частот, например между выходным и микрофонным трансформаторами, между катушками первого и последнего контуров усилителя промежуточной частоты. Однако может оказаться вредным и воздействие, например, трансформатора питания на ферритовый сердечник высокочастотной катушки: может появиться модуляция принимаемого сигнала фоном переменного тока.

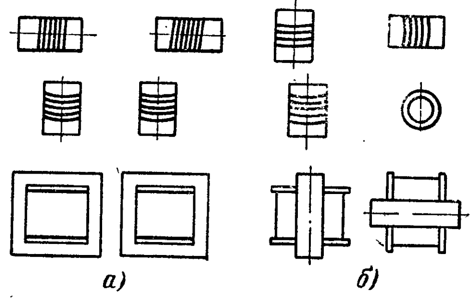


Рис. 2. Взаимное расположение катушек трансформаторов, предрасполагающее к возникновению паразитных связей (*а*) и содействующее ослаблению их (*б*).

[1] Практически используют отрезки коаксиальных кабелей марок РК со сплошной полиэтиленовой изоляцией. (*Прим. ред.*)

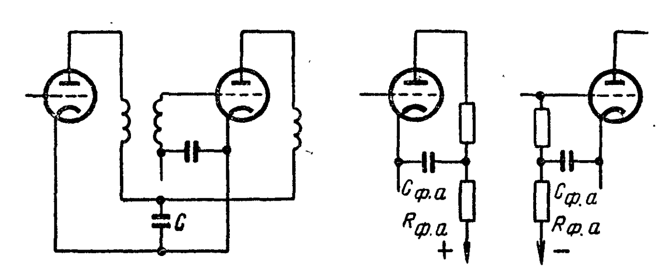


Рис. 3. Устранение паразитной связи через общий источник питания.

C, $C_{ф.с}$ — конденсаторы развязывающих фильтров; $R_{ф.а}$, $R_{ф.с}$ — резисторы этих фильтров.

Средствами предотвращения паразитных связей через магнитные поля являются взаимное удаление катушек и трансформаторов, связь между которыми опасна, правильная взаимная ориентация их осей и экранирование.

При равном расстоянии между двумя катушками связь между ними минимальна, если оси их взаимно перпендикулярны (рис. 2).

Эффективная экранировка магнитных полей достигается применением сплошных экранов без щелей и отверстий.

Для экранирования высокочастотных магнитных полей применяют алюминий, медь, а для экранирования низкочастотных полей — мягкую сталь, листовую электротехническую сталь, пермаллой. В наиболее ответственных случаях прибегают к двойной и тройной экранировке (например, при экранировке микрофонных трансформаторов).

Можно экранировать как катушку или трансформатор, создающие сильное поле, так и катушку или трансформатор, которые надо защищать от воздействия этого поля. Наилучшие результаты дает одновременное экранирование излучающего и воспринимающего элементов.

Иной механизм паразитных связей может возникнуть в радиоаппарате из-за прохождения по одним и тем же цепям токов различных каскадов. Такими общими цепями обычно являются цепи питания и провода заземления (корпус шасси, общий провод). Паразитная связь в этих случаях тем сильнее и опаснее, чем больше полное сопротивление для токов данной частоты общего участка цепи и чем больше разность уровней сигналов в каскадах, токи которых проходят через этот общий участок.

Предотвращение паразитных междукаскадных связей через цепи общего источника питания достигается введением развязывающих фильтров (рис. 3). Однако, если применен общий фильтр для двух-трех каскадов и точка заземления конденсатора фильтра выбрана неудачно, так что по заземленному проводу проходят токи разных каскадов, то паразитная связь сохраняется.

При большом усилении входных низкочастотных каскадов неудачно выбранные места заземления могут явиться источниками проникновения фона, обусловленного токами, наводимыми в шасси полем трансформатора питания или падениями напряжения в цепях накала ламп. В связи с этим питание нитей накала переменным током лучше всего производить с помощью двух проводов, один из которых соединяется с шасси только в одной точке. В высокочастотных же каскадах существенную роль могут играть также тип конденсатора и длина соединительных проводов.

В общем случае конденсатор развязывающего фильтра следует располагать в непосредственной близости к тому каскаду, цепь питания которого он развязывает.

Если в высокочастотном каскаде заземляющий провод будет общим для нескольких контуров, то он создаст увеличивающуюся с частотой связь

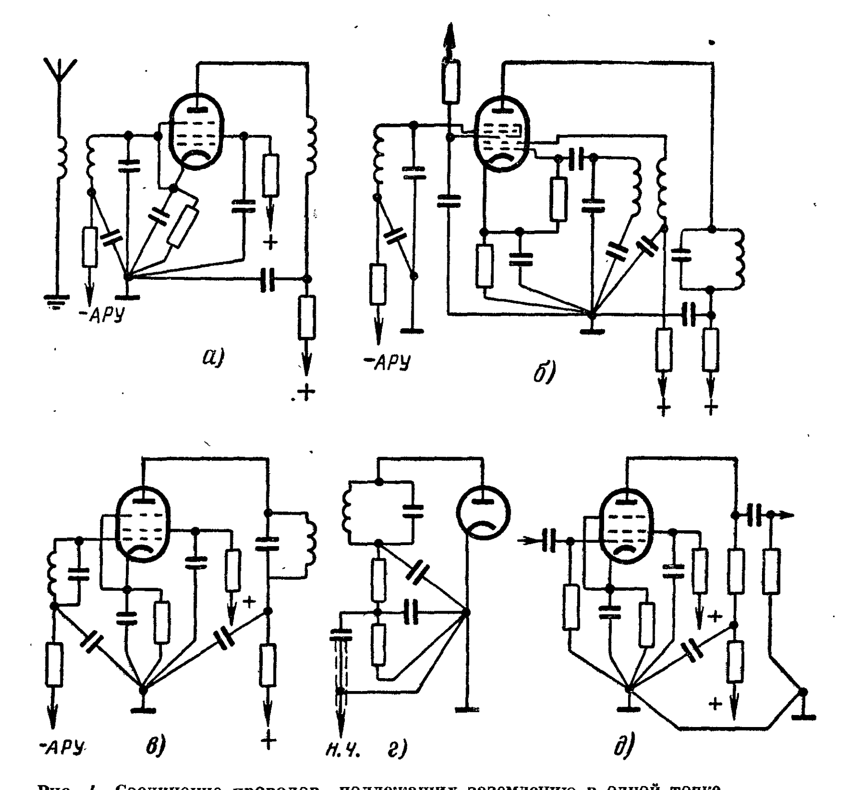


Рис. 4. Соединение проводов, подлежащих заземлению в одной точке.

а — в усилителе высокой частоты; *б* — в преобразователе частоты; *в* — в усилителе промежуточной частоты; *г* — в диодном детекторе; *д* — в усилителе низкой частоты.

(часто нежелательную), которую с трудом можно обнаружить. Поэтому все подлежащие заземлению провода, относящиеся к одному контуру и одному каскаду усиления (если даже соединение с шасси производится через конденсаторы), надо соединить в одной точке у катода соответствующей лампы (рис. 4). Для низкой и высокой частот катод образует нулевую точку каждого усилительного каскада и всегда должен быть соединен с шасси непосредственно или, если это невозможно из-за находящегося в цепи катода резистора, через конденсатор. Исключение составляют только схема с отрицательной обратной связью, напряжение которой выделяется в цепи катода, и генераторы с катушкой обратной связи в цепи катода.

Если шасси изготовлено из изоляционного материала, то точки заземления различных каскадов должны быть соединены между собой и с гнездом заземления одним достаточно толстым (0,5—1,5 *мм*) проводом, по возможности прямым и коротким.

Соединение с шасси цепей высокочастотных каскадов с контурами, настраивающимися конденсаторами переменной емкости, лучше всего производить в точке соединения с шасси ротора конденсатора. К этой же точке нужно присоединить возможно более коротким и прямым путем соответствующие концы контурных катушек и входящих в контур постоянных и подстроечных конденсаторов.

ОСТОРОЖНО, ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ! [1]

(кратко о технике безопасности в радиолюбительской работе)

Мать с четырнадцатилетней дочерью отдыхала летом на курорте. Мать уехала в город, захватив ключ от комнаты. Девочке нужно было войти в комнату и она влезла в нее босиком через окно. Ноги были влажные. Встав одной ногой на отопительную батарею, она рукой взялась за выключатель электрического освещения, чтоб удобнее спрыгнуть внутрь комнаты. Выключатель оказался неисправным. Девочка была поражена током напряжением 220 *в* и погибла.

Электрический ток бывает причиной трагических случаев, подобных описанному выше, чаще всего из-за пренебрежения к смертельной опасности, которую таит в себе электрический ток, или из-за незнания правил безопасности.

Среди радиолюбителей бытует мнение, что опасны напряжения выше 220 *в*, а напряжения 127 и 220 *в* причинить вреда не могут. Нет ничего вреднее таких утверждений.

Давайте разберемся, насколько велика опасность поражения электричеством и от чего она зависит.

Действие электрического тока на человеческий организм зависит прежде всего от величины тока, его частоты, времени прохождения тока через тело человека, от состояния организма. Вреден ток уже в сотые доли ампера, а ток в одну десятую ампера (100 *ма*) и более безусловно смертелен для человека. Такой ток вызывает паралич дыхательного центра, поражает сердце, вызывает изменение состава крови. Токи в 50—100 *ма* также опасны для жизни человека, вызывая потерю сознания. Токи меньше 50 *ма* менее опасны, но даже и такие слабые токи угрожают здоровью, так как мышцы при прохождении через них тока величиной 15—20 *ма* уже теряют способность сокращаться и человек не может выпустить из рук инструмент или провод, по которому проходит ток.

При каких же условиях через тело человека может пройти опасный для его жизни ток?

Это зависит от двух условий: от напряжения в сети и от сопротивления организма. Сопротивление тела человека колеблется от нескольких сотен до десятков тысяч ом. В нервном состоянии, при усталости или опьянении оно заметно уменьшается. Величину тока, проходящего через тело человека, можно рассчитать по закону Ома. Рассмотрим два случая.

1. Напряжение в сети 500 *в*, а сопротивление тела человека большое — 20 000 *ом*. Следовательно, по закону Ома через человека пройдет ток $\frac{500}{20\,000} = 0{,}025\ a$ — опасный, но не смертельный.

2. Напряжение в сети всего 120 *в*, а сопротивление тела человека понижено до 1 200 *ом*. В этом случае через него пройдет ток величиной $\frac{120}{1\,200} = 0{,}1 a$. Этот ток уже смертелен.

С понижением сопротивления тела опасность поражения электрическим током увеличивается. Важна электропроводность не только тела человека, но и того, с чем оно соприкасается,— одежды, обуви, пола. Все сухое изолирует лучше, а влажное и мокрое помогает прохождению тока.

Радиолюбителям следует быть особенно осторожными при конструировании и эксплуатации радиоаппаратуры.

Опытный радиолюбитель-коротковолновик В. А. Егоров в своей брошюре «Техника безопасности в радиолюбительской работе», вышедшей в Массовой радиобиблиотеке, приводит несколько примеров из радиолюбительской практики, когда нужно быть особенно осторожным.

«Часто радиолюбитель держит в одной руке электрический паяльник, включенный в сеть, а другой рукой прикасается к заземленному кор-

[1] По разным источникам.

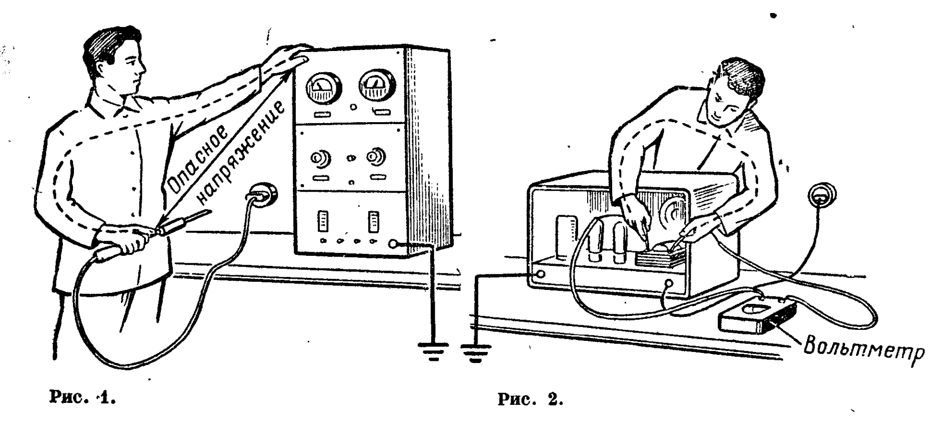


Рис. 1. Рис. 2.

пусу приемника или передатчика (рис. 1). Допустим, что паяльник неисправен и его обмотка или один из его выводов соприкасается с корпусом. При неосторожном прикосновении к корпусу паяльника ток может пройти через область сердца, что особенно опасно для жизни».

Еще более опасно, когда человек прикасается к находящимся под напряжением проводам двумя руками.

На рис. 2 показан радиолюбитель, который измеряет напряжение на вторичной обмотке повышающего трансформатора питания. Проводники вольтметра имеют плохую изоляцию, в результате чего радиолюбитель прикасается к двум точкам, напряжение между которыми составляет 600—800 *в*. Это, безусловно, опасный случай.

Памятка радиолюбителю по технике безопасности

1. Не проверяйте наличия напряжения пальцами.

2. Конструируйте аппарат (передатчик, телевизор, выпрямитель) так, чтобы все его части, находящиеся под постоянным напряжением более 34 *в* или под переменным напряжением с эффективным значением 26 *в*, были бы недоступны для прикосновения при включенном аппарате — закрыты кожухом, стенками ящика [1].

Предусмотрите в конструкции блокировку, которая отключала бы прибор от сети, когда он вынимается из ящика.

3. Не полагайтесь на саморазряд конденсаторов сглаживающего фильтра выпрямителя. Перед тем как делать какие-либо переключения в схеме, замыкайте накоротко эти конденсаторы разрядником или отверткой с ручкой из хорошего изоляционного материала.

4. Не работайте с аппаратурой, в которой имеются высокие напряжения, если в комнате никого нет, кроме Вас.

5. Налаживание передатчика и телевизора производите только при отключенном высоком напряжении.

6. Не производите «установку нуля» измерительных приборов, включенных в цепи высокого напряжения, при работающей аппаратуре.

7. Не прикасайтесь к рукояткам и шкалам контурных конденсаторов, оси которых находятся под высоким напряжением.

8. Производите настройку передатчика одной рукой, держа другую в это время за спиной.

---

[1] Норма 34 *в* установлена ГОСТ 13870-68 — «Приемники радиовещательные, телевизионные, магнитофоны, электрофоны. Требования по технике безопасности».

9. Соблюдайте особенную осторожность при работе с незнакомым оборудованием и трансформаторами с неизвестными данными.

10. Не допускайте к работе с аппаратурой посторонних лиц. Следите за тем, чтобы дети не могли включить ваш аппарат.

11. Изучайте правила подачи первой помощи пострадавшему от электрического тока и твердо знайте правила техники безопасности.

12. Не бравируйте своей «стойкостью» к электрическому току. Достоинство конструктора и оператора не в том, что «он не боится тока», а в том, что он ни разу не получил удар током.

Первая помощь пострадавшему от электрического тока

Спасение пострадавшего от действия электрического тока зависит главным образом от того, как быстро он будет освобожден от действия тока и насколько оперативно ему окажут первую помощь.

Освобождение пострадавшего от тока. Если пострадавший не может из-за сокращения мышц выпустить из рук провода или токонесущего предмета, нужно немедленно выключить установку или же оторвать пострадавшего от токонесущих частей. В этом случае самому нужно быть осторожным и не прикасаться голыми руками к находящемуся под током человеку.

Чтобы отделить пострадавшего от токонесущих предметов, следует воспользоваться сухой палкой, доской или каким-либо другим изолятором.

Если Вы решили оторвать пострадавшего, взявшись за его одежду или за ноги, то предварительно наденьте резиновые перчатки на руки или встаньте на какую-либо изолирующую от земли подставку. В крайнем случае перерубите отдельно каждый из проводов топором с сухой деревянной рукояткой или перережьте их каким-либо изолированным инструментом.

Подача первой помощи. Если пострадавший был в обмороке и очнулся или продолжительное время был под током, следует расстегнуть его одежду, создать приток свежего воздуха в помещении и обеспечить ему полный покой до прихода врача.

Если врача вызвать не удалось, надо доставить пострадавшего в лечебное учреждение.

При бессознательном состоянии пострадавшего, но при сохранившихся у него дыхании и пульсе — надо удобно уложить его, расстегнуть одежду и до прихода врача давать больному нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой, протирать тело чистыми суконками.

Если пострадавший дышит неровно, судорожно и редко, как умирающий, или же вообще у него нет признаков жизни (дыхания, сердцебиения, пульса) — нужно делать искусственное дыхание и не прекращать его до прибытия врача. Смерть в таких случаях часто бывает кажущейся и констатировать ее может только врач.

Во всех случаях тяжелого состояния пострадавшего от тока дорога́ бывает каждая секунда и поэтому первую помощь нужно оказывать тут же, на месте происшествия.

Искусственное дыхание при появлении самостоятельного дыхания у больного следует прекратить. Но если затем дыхание начнет ослабевать или прекратится, искусственное дыхание следует продолжать.

ЛИТЕРАТУРА

Радиолюбительский справочник, под общ. ред. Д. П. Линде. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

Главы четвертая, пятая и шестая справочника посвящены электровакуумным и полупроводниковым приборам и радиодеталям широкого применения, а в заключительной, двадцать второй главе освещены вопросы конструирования и монтажа радиоаппаратуры.

✓ Гендин Г. С. Советы по конструированию радиолюбительской

аппаратуры. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 208 стр.

Книга поможет радиолюбителю избежать ошибок, вызванных недостатком опыта. Даны советы по выбору схем и конструкций радиоприемников, усилителей, телевизоров и магнитофонов. Приводятся рекомендации по регулировке и налаживанию радиоаппаратуры. Рассматриваются вопросы надежности любительской аппаратуры.

Матвеев Г. А. и Хомич В. И. Катушки с ферритовыми сердечниками, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Рассмотрены основные свойства магнитных материалов, типовые конструкции и параметры катушек индуктивности с кольцевыми, броневыми и Ш-образными ферритовыми сердечниками. Дан расчет катушек.

В заключение говорится об использовании катушек индуктивности с ферритовыми сердечниками в преобразователях напряжения, фильтрах, антенных трансформаторах, магнитных антеннах для «охоты на лис», телевизионных антеннах и электронных переключателях.

Рязанов К. Б., Толмасский И. С. Радиотехнические электроизоляционные материалы. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

Рассмотрены свойства и применение в радиотехнике электроизоляционных материалов: пластмасс, пенопластов, лаков и вазелинообразных диэлектриков. Уделено внимание различным клеям и склеиванию неметаллических материалов между собой и с металлами.

Соболевский А. Г. Хотите стать радиолюбителем? Изд-во «Связь», 1967, 204 стр.

Это справочник начинающего радиолюбителя, но преподнесенный читателю в доходчивой литературной форме.

Предпослав собственно справочнику краткий рассказ о том, что такое радиоприем и радиопередача, изложив физику электронной лампы и транзистора, автор дает справочный материал: из чего строить (проводники, диэлектрики, магнитные материалы); радиодетали (конденсаторы, резисторы, катушки индуктивности, электронные лампы, полупроводниковые диоды и транзисторы), рассказывает о подготовке деталей к пайке и о самой пайке.

Заключительная глава посвящена налаживанию.

Школа юного радиолюбителя. Вып. 2. Изд-во ДОСААФ, 1967, 32 стр.

Значительная часть брошюры (автор В. Костиков) занимает рассказ о мастерской радиолюбителя, его рабочем месте, комплекте инструментов, пайке, изготовлении шасси. Даны советы, как пользоваться макетными платами, как монтировать транзисторы и детали на плате, наматывать катушки на ферритовые кольца.

Джонсон Р. Как строить радиоаппаратуру, пер. с англ. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 200 стр.

Книга разбита на 13 глав, каждая из которых посвящена определенному этапу изготовления радиоаппаратуры. Они расположены в таком же порядке, в котором обычно осуществляется изготовление радиоустройства.

Описаны типы конструкций, инструмент и оборудование, провода, кабели, разъемы, радиодетали, материалы, изготовление шасси, размещение и монтаж деталей, пайка, намотка катушек, контроль и испытание собранных аппаратов.

Ежегодник радиолюбителя. Под общ. ред. Э. Т. Кренкеля. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека).

Заключительная глава книги содержит довольно подробный справочный материал по современным электровакуумным и полупроводниковым приборам, а также новым деталям (конденсаторам, резисторам, транзисторам и варисторам).

Малинин Р. М. Выходные трансформаторы. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 40 стр.

Рассмотрены вопросы конструирования и расчета выходных трансформаторов усилителей низкой частоты на транзисторах и электронных лампах в радиоприемниках, телевизорах и других устройствах.

Приведены справочные сведения по выходным трансформаторам завод-

ской радиоаппаратуры и даны советы по их использованию в радиолюбительских конструкциях.

В помощь радиолюбителю. Вып. 29. Изд-во ДОСААФ, 1968.

В заключительной статье сборника И. Степановым дано описание и подробные чертежи трех намоточных станков.

Толмасский И. С. Высокочастотные магнитные материалы. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 72 стр.

Рассмотрены материалы для магнитодиэлектрических и ферритовых сердечников, изложены предъявляемые к ним требования, описаны конструкции и параметры сердечников, даны примеры применения катушек индуктивности с магнитными сердечниками. Изложены методы измерения электромагнитных параметров высокочастотных материалов и сердечников на их основе в диапазоне частот от 10 *кгц* до 100 *Мгц*.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и руководителей радиокружков.

Зайцев Ю. В. Полупроводниковые резисторы. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 48 стр.

Рассмотрены конструкции и параметры терморезисторов, варисторов, фоторезисторов, приведены их эксплуатационные характеристики.

Малинин Р. М. Резисторы, изд. 2-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 80 стр.

Справочник содержит сведения о постоянных и переменных линейных резисторах, терморезисторах, фоторезисторах, варисторах и их монтаже. Даны рекомендации по выбору и применению резисторов.

Соболевский А. Г. Радиолюбительская мастерская. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Рассказ о материалах, инструменте и оборудовании рабочего места радиолюбителя. Начинающий радиолюбитель узнает из этой книги, как использовать материалы, подготовить провода и детали к пайке, намотать катушку.



10 ГЛАВА

ИЗМЕРЕНИЯ В РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ПРАКТИКЕ

Простой радиоприемник можно наладить и без измерительных приборов, но это трудно и отнимает очень много времени. Хорошо, если приемник после сборки сразу начнет работать. Тогда, последовательно налаживая его блоки, подстраивая контуры и т. д., можно добиться неплохих результатов. Если же приемник молчит или самовозбуждается, то без измерительных приборов обойтись трудно. Поэтому начинающий радиолюбитель должен запастись набором самых необходимых измерительных приборов.

Радиолюбителю при налаживании радиоаппаратуры приходится измерять напряжение, ток, сопротивление. Эти величины можно измерить комбинированным измерительным прибором, называемым ампервольтомметром (авометром). Для измерения емкости конденсаторов и индуктивности катушек существуют специальные приборы, но в радиолюбительской практике их можно измерять косвенными методами при помощи вольтметра и амперметра.

Желательно, чтобы в комплект измерительных радиолюбительских приборов входил гетеродинный индикатор резонанса, представляющий собой высокочастотный генератор с индикатором настройки. С помощью этого прибора можно измерять емкости конденсаторов, индуктив-

---

[1] Книга сельского радиолюбителя. Изд-во ДОСААФ, 1961, с сокращениями.

ности катушек, настраивать в резонанс контуры, градуировать шкалы и пр. Для тех же целей служит и высокочастотный сигнал-генератор.

Все названные измерительные приборы облегчают работу радиолюбителя, делают ее интересной, а главное осмысленной.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Постоянный ток измеряют при помощи амперметров, миллиамперметров или микроамперметров (в зависимости от величины измеряемого тока) магнитоэлектрической системы. Эти приборы состоят из постоянного подковообразного магнита, между полюсными башмаками которого в специальных цапфах подвешена вращающаяся рамка с намотанным на ней проводом (рис. 1). Если по проводу рамки пропустить ток, то рамка и связанная с ней стрелка повернутся на некоторый угол, и чем больший ток проходит по проводу рамки, тем на больший угол они повернутся. Таким образом, по углу отклонения стрелки можно судить о величине проходящего через прибор тока. Чтобы таким прибором измерить ток, проходящий по цепи, прибор надо включить в разрыв этой цепи, т. е. включить в цепь последовательно. Это показано на рис. 2, где прибор A_1 измеряет ток, проходящий по резистору R_1, прибор A_2 — по резистору R_2, а прибор A_3 измеряет общий ток, проходящий через резисторы R_1 и R_2.

Сопротивление провода рамки прибора, будучи включенным последовательно в цепь, увеличивает сопротивление этой цепи. От этого ток в цепи уменьшается и прибор показывает меньшее значение тока, чем до его подключения. Поэтому желательно, чтобы внутреннее сопротивление амперметра было как можно меньше, во всяком случае составляло не более 2—3% сопротивления цепи.

На практике один и тот же прибор используют для измерения токов в широком диапазоне — от 0,5—1 *а* до долей миллиампера. Нижний предел определяется чувствительностью прибора: чем чувствительнее прибор, тем меньший ток может быть им измерен. Обычно магнитоэлектрические приборы, применяемые при радиотехнических измерениях, очень чувствительны: ток, необходимый для полного отклонения стрелки таких приборов, не превышает долей миллиампера.

Чтобы превратить прибор в многопредельный, т. е. чтобы им можно было измерять токи, превышающие ток полного отклонения стрелки, применяют шунтирование: параллельно прибору включают резистор с небольшим сопротивлением (рис. 3). В этом случае через прибор *A* проходит часть общего

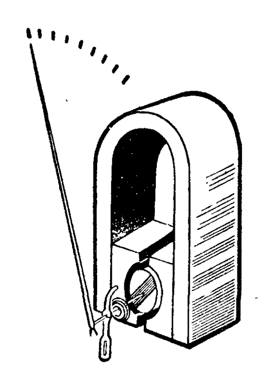


Рис. 1. Измерительный прибор магнитоэлектрической системы.

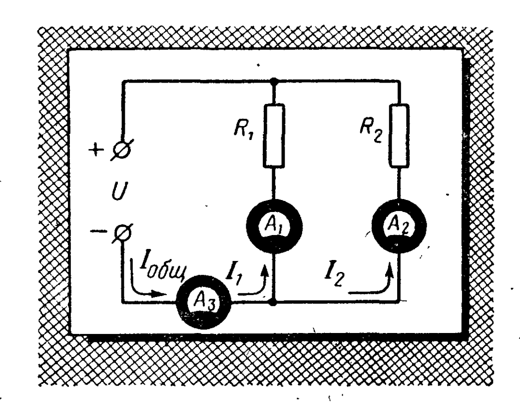


Рис. 2. Схема включения амперметров.

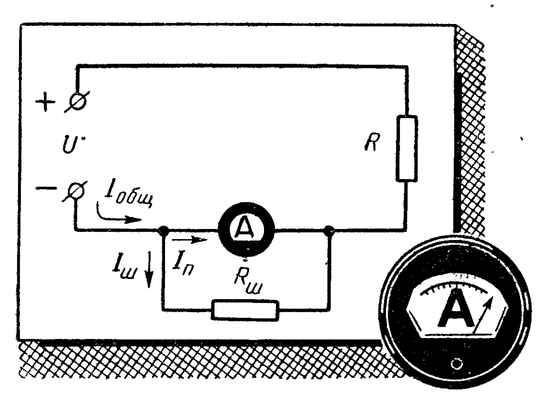


Рис. 3. Схема включения шунта для расширения пределов измерений амперметра.

тока цепи. Если сопротивление шунта $R_ш$ подобрано так, что через него проходит, например, 0,9 общего тока $I_{общ}$, то через прибор пройдет 0,1 общего тока, т. е. показания прибора будут в 10 раз меньше действительной величины тока общей цепи. Так прибором чувствительностью 1 *ма* можно измерить ток до 10 *ма*.

Необходимое сопротивление шунта можно определить по формуле

$$R_ш = R_{вн} \frac{I_п}{I_{макс} - I_п},$$

где $R_{вн}$ — внутреннее сопротивление прибора, *ом;*

$I_п$ — ток полного отклонения стрелки прибора без шунта, *ма;*

$I_{макс}$ — наибольший ток, который должен быть измерен, *ма.*

Для отсчета показаний прибора с шунтами у него имеется либо несколько шкал, соответственно по числу шунтов, либо одна шкала, разделенная на 100 делений. В последнем случае цена деления шкалы определяется положением переключателя шунтов.

Чтобы случайно не повредить амперметр вследствие перегрузки, при подключении его к цепи надо сначала переключатель шунтов установить на наибольший измеряемый ток и, если стрелка отклоняется незначительно, только тогда увеличивать чувствительность прибора.

Если амперметр снабжен внешним (выносным) шунтом, то в разрыв цепи надо включать шунт, а прибор подключать к шунту. Если сделать наоборот, то при случайном отключении шунта, например из-за плохого контакта или обрыва соединительного провода, весь ток цепи пойдет через рамку магнитоэлектрического прибора и прибор будет испорчен.

Постоянное напряжение измеряют при помощи вольтметров. Чаще для измерения напряжения применяют те же высокочувствительные приборы магнитоэлектрической системы, что и для измерения тока. Но для измерения напряжения, действующего на каком-либо участке цепи, прибор надо подключить параллельно этому участку. Это показано на рис. 4, где вольтметр V_1 измеряет напряжение на резисторе R_1, вольтметр V_2 на резисторе R_2, а вольтметр V_3 измеряет общее напряжение на резисторах R_1 и R_2.

Подключение внутреннего сопротивления вольтметра параллельно участку цепи уменьшает общее сопротивление, по которому проходит ток цепи. Это приводит к уменьшению падения напряжения между точками подключения вольтметра. Поэтому вольтметр покажет меньшее напряжение, чем было на данном участке цепи до его подключения, причем эта разница будет тем больше, чем меньше сопротивление вольтметра.

Внутреннее сопротивление вольтметров принято характеризовать числом ом, приходящихся на 1 *в* шкалы (*ом/в*). При радиотехнических измерениях применяют вольтметры, у которых это сопротивление не менее 10 000 *ом/в*.

Вольтметр, так же как и амперметр, можно превратить в многопредельный прибор, для этого последо-

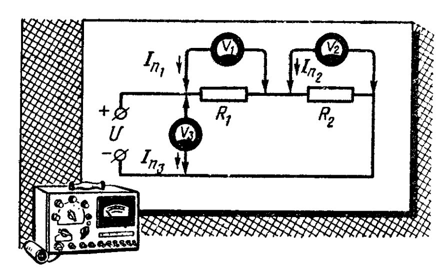


Рис. 4. Схема включения вольтметров.

вательно с ним включают добавочное сопротивление (рис. 5). В этом случае большая часть измеряемого напряжения падает на резисторе $R_{доб}$, а меньшая — на приборе. Величину добавочного сопротивления можно подсчитать по формуле

$$R_{доб} = \frac{1000U_{макс}}{I_{п}} - R_{вн},$$

где $U_{макс}$ — наибольшее напряжение, которое должно быть измерено прибором с добавочным сопротивлением, *в*;

$I_{п}$ — ток полного отклонения стрелки прибора, *ма*;

$R_{вн}$ — внутреннее сопротивление прибора, *ом*.

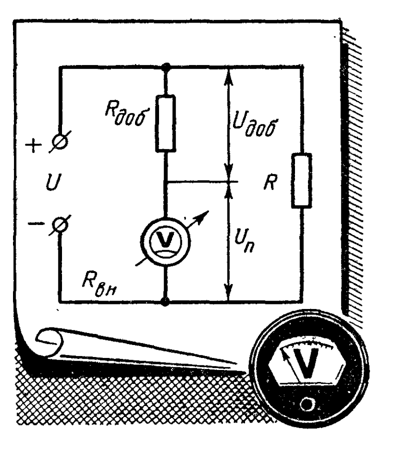
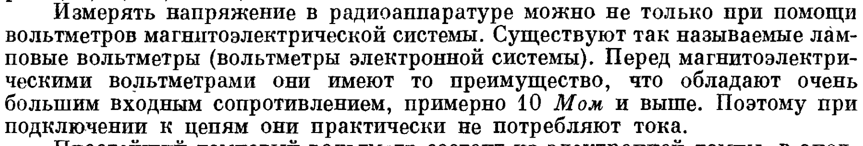


Рис. 5. Схема включения добавочного сопротивления для расширения пределов измерений вольтметра.

Чем чувствительнее прибор (чем меньше $I_{п}$), тем больше сопротивление $R_{доб}$ и входное сопротивление вольтметра.

Обычно вольтметр имеет несколько добавочных сопротивлений, подключаемых переключателем в зависимости от нужного предела измерения.

Примером многопредельных приборов могут служить ампервольтомметры Ц52, Ц437, Ф432, Ф434.



Измерять напряжение в радиоаппаратуре можно не только при помощи вольтметров магнитоэлектрической системы. Существуют так называемые ламповые вольтметры (вольтметры электронной системы). Перед магнитоэлектрическими вольтметрами они имеют то преимущество, что обладают очень большим входным сопротивлением, примерно 10 *Мом* и выше. Поэтому при подключении к цепям они практически не потребляют тока.

Простейший ламповый вольтметр состоит из электронной лампы, в анодную цепь которой включен электроизмерительный прибор. Между катодом и управляющей сеткой лампы прикладывается измеряемое напряжение. Величиной этого напряжения определяется анодный ток лампы, который измеряется прибором. Поэтому по отклонению стрелки прибора можно судить о величине измеряемого напряжения на сетке лампы.

Чтобы измерять таким вольтметром большие напряжения (обычно полное отклонение стрелки прибора происходит при напряжении на сетке лампы 2—3 *в*), измеряемое напряжение вначале подается на делитель с очень большим общим сопротивлением. Именно это сопротивление делителя и является входным сопротивлением лампового вольтметра.

В измеряемой цепи, кроме постоянного напряжения, может оказаться и переменное. Чтобы оно не влияло на показания вольтметра, между сеткой лампы и делителем включен фильтр из резистора (порядка мегом) и конденсатора (порядка сотых долей микрофарады).



ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ

При измерении переменных токов и напряжений показания приборов будут зависеть не только от их активного сопротивления, как это было при измерении постоянных токов и напряжений, но и от их полного сопротивления, которое изменяется с изменением частоты измеряемого тока или напряжения. Поэтому и показания приборов также будут изменяться с изменением частоты, т. е. возникают так называемые частотные погрешности, причем они будут тем больше, чем больше индуктивности и емкости в схеме измеритель-

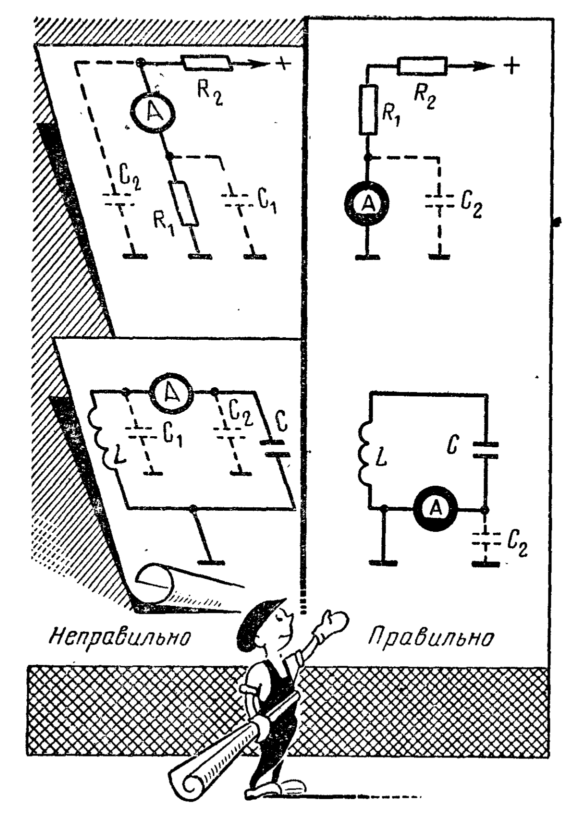


Рис. 6. Включение измерительных приборов.

ного прибора, а также индуктивности и емкости проводов, соединяющих измерительный прибор с измеряемой цепью. Таким образом, градуировка прибора, сделанная для какой-либо частоты, не годится для более низких или более высоких частот.

На практике все же пользуются одной и той же шкалой в большом диапазоне частот, но учитывают, что чем выше частота измеряемого тока или напряжения, тем больше частотные погрешности.

Для измерения переменного напряжения радиолюбители применяют вольтметры выпрямительной и электронной систем. Вольтметрами выпрямительной системы пользуются для измерения на звуковых частотах. Они имеют хорошую чувствительность и большое входное сопротивление — до 10 000 *ом/в*. Вольтметр такой системы состоит из выпрямителя, который превращает переменный ток в импульсы тока одного направления, и магнитоэлектрического прибора, измеряющего этот выпрямленный (вернее сказать, пульсирующий ток).

Вольтметры электронной системы — ламповые или транзисторные могут применяться для измерения напряжения до частот в десятки, а иногда и сотни мегагерц. От вольтметров постоянного тока они отличаются наличием на входе специального выпрямляющего устройства. Это устройство, чаще всего миниатюрный диод, конструктивно выполняется в виде отдельного маленького «пробника», подключаемого непосредственно своими штырьками к измеряемой цепи. С вольтметром он соединяется экранированными проводами.

При измерении переменного напряжения в цепях, где имеется и постоянная составляющая, например в анодных цепях радиоламп, надо применять электронные вольтметры, имеющие конденсатор, включенный между входным зажимом и схемой вольтметра. Если применять для этой цели вольтметры, не имеющие конденсатора на входе, то они покажут сумму этих напряжений.

Очень важно при измерении переменного напряжения или тока правильно выбрать место включения прибора в схему. Включать прибор желательно так, чтобы потенциал точки подключения прибора был как можно ближе к потенциалу «земли», а еще лучше, если один из щупов прибора будет заземлен (рис. 6).

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В РАДИОАППАРАТУРЕ

В большинстве случаев в радиоаппаратуре приходится измерять постоянный ток и напряжение, реже — ток и напряжение звуковой частоты и лишь в исключительных случаях — токи и напряжения радиочастоты.

В большинстве цепей радиоаппаратуры наряду с постоянной составляющей тока присутствует и переменная составляющая. При измерении тока или напряжения в такой цепи составляющие должны быть обязательно разделены, т. е. прибор постоянного тока должен включаться так, чтобы через него проходила только постоянная составляющая. Делать это необходимо потому, что из-за паразитных емкостей прибора и соединительных проводов переменная составляющая тока анодной цепи воздействует на сеточную цепь лампы. А это приводит к самовозбуждению каскада и, следовательно, к изменению анодного тока лампы, в том числе и его постоянной составляющей, измеряемой прибором.

Как же надо включать измерительный прибор в цепь, чтобы разделить эти составляющие?

Начнем с измерения постоянной составляющей. На рис. 7, *а* показано, что через амперметр, включенный между анодом лампы и контуром фильтра промежуточной частоты (а также через вольтметр,подключенный к аноду лампы), проходят переменная и постоянная составляющие анодного тока, а через прибор, включенный между развязывающим конденсатором и плюсом анодного напряжения, проходит только постоянная составляющая анодного тока, так как переменная составляющая через развязывающий конденсатор прошла на минус. Таким образом, прибор, предназначенный для измерения постоянной составляющей, должен включаться в цепь после развязывающего конденсатора. Если в схеме нет этого конденсатора (рис. 7, *б*), то прибор надо шунтировать конденсатором емкостью около 0,1 *мкф* непосредственно на корпус. Но может оказаться, что для предотвращения самовозбуж-

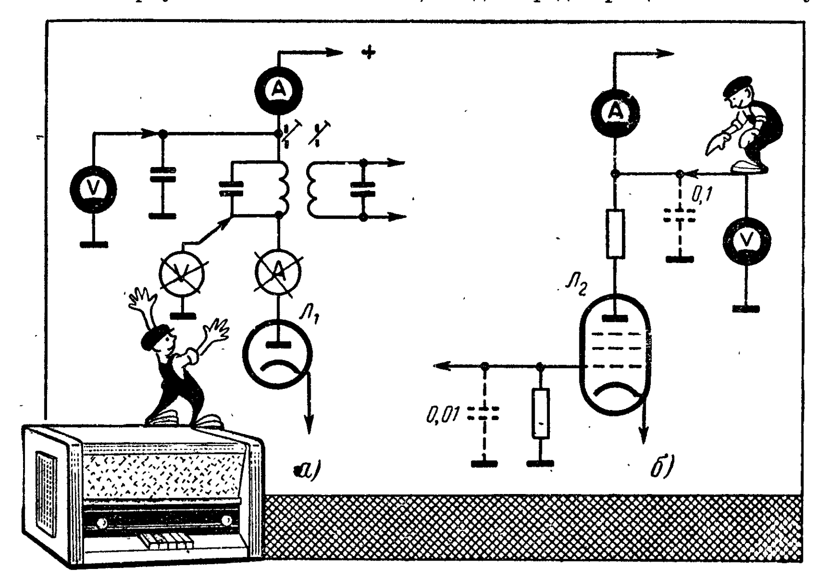


Рис. 7. Включение измерительных приборов в радиотехническую схему.

а — включение измерительных приборов при наличии развязывающего конденсатора; *б* — то же при отсутствии развязывающего конденсатора.

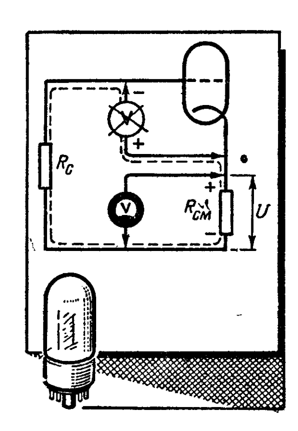


Рис. 8. Включение приборов для измерения напряжения смещения на управляющей сетке лампы.

ния этого недостаточно, тогда следует шунтировать на корпус и управляющую сетку лампы конденсатором емкостью порядка 0,01 *мкф*. Обнаружить самовозбуждение можно по изменению показаний прибора при изменении положения подводящих проводов, поднесении руки к сеточным цепям каскада и т. п.

Чтобы измерить напряжение только переменной составляющей, прибор переменного тока надо подключить к цепи через конденсатор, реактивное сопротивление которого на данной частоте много меньше входного сопротивления вольтметра:

$$\frac{159\,000}{fC} \ll R_V,$$

где f — частота, на которой производится измерение, *гц*;
C — емкость конденсатора, *мкф*;
R_V — сопротивление вольтметра, *ом*.

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть как можно больше, чтобы оно меньше шунтировало измеряемую цепь. При измерениях в цепях радиоаппаратуры это требование особенно важно, так как сопротивления в них велики и шунтирование небольшим сопротивлением вольтметра совершенно исказит работу радиоаппарата. Поэтому, во-первых, надо применять вольтметры с большим числом ом на вольт, не менее 10 000 *ом/в*, и, во-вторых, правильно выбирать место подключения вольтметра. Поясним последнее на примере. Надо измерить напряжение смещения на сетке лампы (рис. 8). Если присоединить вольтметр непосредственно между сеткой и катодом лампы, то он шунтирует резисторы $R_с$ и $R_{см}$. Сопротивление утечки сетки $R_с$ обычно очень велико, не менее 1 *Мом*, поэтому внутреннее сопротивление даже чувствительного магнитоэлектрического вольтметра составит в лучшем случае половину общего сопротивления цепи между точками подключения вольтметра. Действительно, если мы возьмем вольтметр магнитоэлектрической системы с внутренним сопротивлением 20 000 *ом/в*, то на пределе измерения 10 *в* его сопротивление составит всего 20% сопротивления $R_с = 1$ *Мом*. Следовательно, ошибка измерения при таком включении вольтметра будет очень велика.

Но измерять напряжение смещения можно не только непосредственно на сетке лампы, но и на резисторе $R_{см}$, на котором создается это напряжение. Сопротивление резистора $R_{см}$ редко составляет более 1 000 *ом*, поэтому достаточно точно измерить напряжение на нем можно даже низкоомным вольтметром с сопротивлением не более 100 *ом/в*.

На практике обычно измеряют напряжения на электродах ламп относительно «земли», т. е. минуса напряжения питания. В справочниках же напряжения на электродах указываются относительно катода лампы. Поэтому если лампа включена по схеме автоматической подачи напряжения смещения на управляющую сетку, то напряжение смещения складывается с измеряемым напряжением на электроде лампы. Это необходимо учитывать при подгонке режима оконечной лампы, у которой напряжение смещения на управляющей сетке обычно велико (10—30 *в*).

Порядок установления рабочих режимов транзисторов имеет некоторые особенности. Сопротивление резистора $R_э$ в цепи эмиттера обычно невелико, поэтому измерить падение напряжения на этом сопротивлении можно с помощью вольтметра с входным сопротивлением порядка 3 *ком/в* и более. Если сопротивление резистора $R_к$ не превышает 5 *ком*, то напряжение на коллекторе можно измерить с помощью такого же прибора. При большей величине резистора следует пользоваться ламповым вольтметром. Однако это

напряжение можно измерить и косвенным путем. Для этого измеряют напряжение на резисторе $R_э$ и определяют ток через транзистор:

$$I = \frac{U_э}{R_э}.$$

Пренебрегая током базы, который весьма невелик, можно считать, что токи в коллекторной и эмиттерной цепях равны и через резистор $R_к$ тоже проходит ток, равный I. Поэтому напряжение на коллекторе $U_к = E_к - IR_к$.

В большинстве случаев сопротивления резисторов R_1 и R_2 из соображений экономии питания выбираются значительной величины (до 20—30 *ком*); кроме того, при малом коллекторном токе ток базы также мал, поэтому сопротивление участка база — эмиттер транзистора имеет величину порядка килоом. Такая величина соизмерима с входным сопротивлением лучших стрелочных вольтметров на шкалах 1—3 *в*, и, следовательно, напряжения $U_б$ и $U_{б-э}$ можно измерять только ламповым вольтметром. Впрочем, необходимость в измерении этих напряжений встречается редко.

Приступая к налаживанию лампового приемника, радиолюбитель обычно уверен в качестве радиоламп, особенно если они новые и приобретены в магазине. Транзисторы же нуждаются в предварительной проверке и измерении коэффициента усиления β.

Проверить транзистор на отсутствие коротких замыканий между электродами можно с помощью омметра. Для этого вывод базы транзистора типа *р-п-р* соединяют со щупом омметра, обозначенным «+», а второй щуп поочередно присоединяют к выводам эмиттера и коллектора. Сопротивление между этими электродами должно быть порядка 10—1 000 *ом*. Затем к базе транзистора присоединяют щуп с обозначением «—» и повторяют измерения. Сопротивление участка эмиттер — база должно быть не менее 10 *ком*, а участка коллектор — база не менее 100 *ком*.

Измерить коэффициент усиления по току β можно также с помощью омметра, включенного для измерения тысяч ом. Щуп с обозначением «+» присоединяют к коллектору, а другим щупом последовательно касаются выводов базы и эмиттера. Для оценки величины коэффициента β надо указанное стрелкой прибора количество делений любой линейной шкалы при подключении щупа «—» к выводу базы (обычно омметр входит в состав прибора, у которого обязательно есть равномерные шкалы для отсчетов значений токов и постоянных напряжений) разделить на количество делений этой же шкалы, отмеченных стрелкой при подсоединении щупа «—» к выводу эмиттера транзистора. Конечно, подобный способ измерения коэффициента β дает приблизительные результаты, но в любительской практике очень редко требуется измерять этот параметр с большей точностью. Ведь радиолюбителю необходимо лишь убедиться, что транзистор обладает коэффициентом β не менее 15—20 и поэтому пригоден к работе, ибо установка в почти любую схему транзисторов с бо́льшим коэффициентом усиления практически не улучшает ее работу. Транзисторы же с коэффициентом $\beta = 30 \div 50$ можно считать очень хорошими.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Наиболее удобно измерять сопротивления при помощи измерительных мостов и омметров. Омметры обычно входят в состав комбинированных измерительных приборов (ампервольтомметров) и дают по шкале непосредственный отсчет величины измеряемого сопротивления.

Но сопротивление можно измерить и с помощью вольтметра. Для этого надо знать его входное сопротивление R_V и иметь батарею с напряжением, несколько меньшим максимального напряжения, измеряемого вольтметром. Желательно, чтобы внутреннее сопротивление батареи было как можно меньше.

Измерение производится следующим образом. Определяют при помощи вольтметра напряжение $U_б$ батареи, а затем разрывают один из проводов, со-

единяющих вольтметр с батареей, и в разрыв включают измеряемое сопротивление R_x. Замечают новое показание вольтметра U_R и определяют значение измеряемого сопротивления по формуле

$$R_x = R_V \frac{U_б - U_R}{U_R}.$$

Достаточную точность метод вольтметра может обеспечить в том случае, если измеряемое сопротивление не превышает 10—15 R_V и не менее 0,1 R_V.

ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТИ

В радиолюбительской практике емкости обычно измеряют методом сравнения и резонансным методом. Вне зависимости от применяемого метода измерения конденсатор вначале надо проверить на отсутствие пробоя (короткого замыкания) и величину утечки. Проверить конденсатор на отсутствие короткого замыкания можно при помощи пробника с батареей.

Если конденсатор исправен, то стрелка пробника не будет отклоняться. Правда, если емкость конденсатора велика, то стрелка несколько отклонится, но тут же вернется в прежнее положение.

Проверить конденсатор на величину утечки можно при помощи омметра. Обычно такая проверка необходима для электролитических конденсаторов.

Сопротивление исправного электролитического конденсатора должно быть не менее 0,1 *Мом*, причем следует иметь в виду, что подключать к нему омметр надо с соблюдением его полярности.

Если у радиолюбителя нет омметра, то проверить конденсатор на величину утечки можно при помощи телефонов и батареи. Телефоны на мгновение подключают через батарею к испытываемому конденсатору, затем через 1—2 *сек* вновь подключают и т. д. При исправном конденсаторе щелчок в телефонах будет слышен только при первом подключении, так как конденсатор тут же зарядится и повторные подключения уже не будут вызывать щелчков.

Емкость методом сравнения измеряют по схеме, приведенной на рис. 9. Сущность этого метода заключается в подборе емкости эталонного конденсатора $C_э$ до тех пор, пока показания миллиамперметра *mA* не сделаются одинаковыми при обоих положениях переключателя *П*. Это означает, что измеряемая емкость C_x равна эталонной емкости $C_э$. В качестве эталонной емкости $C_э$ используют магазин емкостей.

Резонансным методом измеряют конденсаторы емкостью не более 0,01 *мкф*. Схема измерения приведена на рис 10, *а*. В качестве высокочастотного сигнал-генератора можно использовать любой источник высокой частоты. Индикатором может служить ламповый вольтметр. Если же высокочастотные колебания сигнал-генератора модулированы, то в качестве индикатора можно использовать детектор с телефонами.

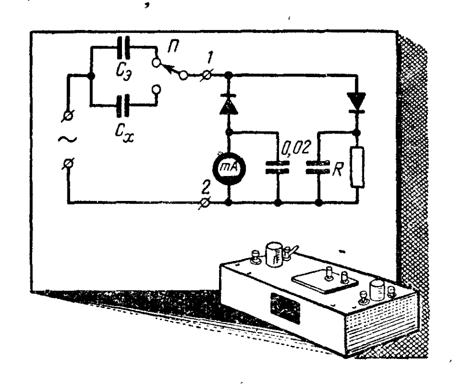


Рис. 9. Схема для измерения емкости методом сравнения.

Процесс измерения состоит в следующем. Вначале измеряемый конденсатор C_x подключают к катушке индуктивности L_0 и настраивают частоту сигнал-генератора в резонанс с контуром L_0C_x по максимальному показанию индикатора. Затем конденсатор C_x отключают и вместо него к катушке L_0 подключают градуированный конденсатор переменной емкости $C_э$. Изменяя емкость этого конденсатора, настраивают контур $L_0C_э$ в резонанс с частотой сигнал-

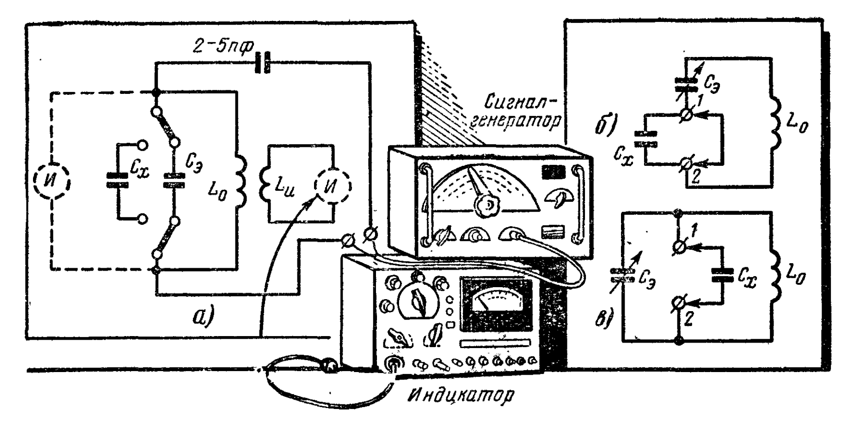


Рис. 10. Схема для измерения емкости резонансным методом.

генератора. В момент резонанса $C_э$ равно C_x, т. е. емкость C_x может быть прочитана по градуированной шкале конденсатора $C_э$.

Пределы измерения емкости C_x по схеме на рис. 10, *а* определяются пределами измерения емкости $C_э$. Чтобы расширить пределы измерения, применяют схемы, приведенные на рис 10, *б* и *в* (на схемах показан только измерительный контур).

На схеме рис. 10, *б* показано измерение емкостей C_x, больших максимальной емкости конденсатора $C_э$. Вначале зажимы *1—2* замыкают накоротко, а ротор конденсатора $C_э$ устанавливают в среднее положение ($C_{э1}$). Затем частоту сигнал-генератора настраивают в резонанс с контуром $L_0C_э$. После этого с зажимов *1—2* снимают перемычку и к ним подключают измеряемый конденсатор C_x. Будучи включенным последовательно с конденсатором $C_э$, конденсатор C_x уменьшает общую емкость контура $L_0C_эC_x$, в результате чего нарушается резонанс этого контура с частотой сигнал-генератора. Чтобы восстановить резонанс, надо увеличить емкость конденсатора $C_э$. Когда резонанс будет восстановлен, замечают новое положение стрелки на шкале конденсатора $C_э$ ($C_{э2}$) и определяют емкость конденсатора C_x по формуле

$$C_x = \frac{C_{э1}C_{э2}}{C_{э2} - C_{э1}}.$$

Измерение конденсаторов, емкость которых меньше минимальной емкости конденсаторов $C_э$, производят по схеме, показанной на рис. 10, *в*. Сначала ротор конденсатора $C_э$ устанавливают в среднее положение ($C_{э1}$) и настраивают частоту сигнал-генератора в резонанс с контуром $L_0C_э$. Когда это достигнуто, подсоединяют к зажимам *1—2* измеряемый конденсатор C_x. В результате общая емкость контура $L_0C_эC_x$ увеличивается и контур выйдет из резонанса с частотой сигнал-генератора. Чтобы восстановить резонанс, надо уменьшить емкость конденсатора $C_э$ до нового значения $C_{э2}$. При этом емкость конденсатора C_x составит:

$$C_x = C_{э1} - C_{э2}.$$

Точность измерения емкости резонансным методом определяется точностью фиксации момента резонанса. Для получения острой настройки связь между измерительным контуром и сигнал-генератором должна быть возможно меньшей. Не рекомендуется включать индикатор резонанса непосредственно в измерительный контур, как это показано на рис. 10, *а* пунктиром.

ГЕТЕРОДИННЫЙ ИНДИКАТОР РЕЗОНАНСА (ГИР) [1]

С помощью ГИР можно производить налаживание приемников, передатчиков, телевизоров, определять собственные резонансные частоты колебательных контуров, производить измерения величин L и C, определять полосу пропускания фильтров нижних частот, производить настройку антенн и т. д.

На рис. 1 приведена схема простого ГИР с питанием от батарей на лампе 2П1П (в триодном включении). Как генератор такой ГИР устойчиво работает на частотах до 60—70 *Мгц* при напряжении накала 1,2 *в* (параллельное соединение обеих нитей) и при анодном напряжении 40—60 *в*.

Генератор собран по обычной трехточечной схеме с емкостной обратной связью. Контур генератора составлен из катушки $L_к$ и конденсатора переменной емкости C_1. Чтобы перекрыть достаточно широкий диапазон частот, генератор снабжается несколькими сменными катушками индуктивности. Шкала конденсатора переменной емкости C_1 градуируется непосредственно в значениях частоты или имеет лимб с безразмерными делениями. В этом случае для каждого из диапазонов (т. е. каждой катушки) строится график изменения частоты генератора в зависимости от угла поворота оси конденсатора переменной емкости.

Принцип работы ГИР основан на регистрации изменения сеточного тока лампы генератора в момент его настройки на общую резонансную частоту с другим каким-нибудь контуром, если он связан с катушкой генератора. Это явление обусловлено изменением величины обратной связи генератора при настройке в резонанс с генерируемыми колебаниями внешнего контура (связанного с катушкой генератора) за счет происходящей при этом потери энергии генератора. Спад сеточного тока регистрируется с помощью чувствительного индикатора-микроамперметра, включенного в сеточную цепь лампы $Л_1$. Чем выше будет добротность (Q) исследуемого контура и величина связи с ним, тем больше будет вносимое им затухание в контур генератора и, следовательно, падение тока в цепи управляющей сетки лампы генератора.

Если снять напряжение с анода лампы $Л_1$, то ГИР может работать как резонансный волномер-индикатор. Высокочастотное напряжение, наводимое на контуре $L_кC_1$ каким-либо источником ВЧ колебаний, выпрямляется лампой $Л_1$, работающей как диодный детектор, и через микроамперметр будет проходить постоянная составляющая продетектированного сигнала. Показание микроамперметра будет наибольшим в момент настройки контура $L_кC_1$ в резонанс с частотой колебаний исследуемого источника. В ряде схем ГИР предусмотрены специальные устройства для модуляции высокочастотного сигнала. В простейшем случае это осуществляется с помощью подачи звуковой частоты на сетку лампы генератора от источника питания (в случае питания от сети переменного тока). На рис. 2 приведена схема ГИР, имеющего специальный модулирующий каскад, собранный на правом триоде по схеме RC-генератора, частота которого определяется резисторами R_8 — R_{10} и конденсаторами C_3, C_5, C_6. При указанных величинах этих деталей частота модуляции равна 1 000 *гц*.

На рис. 3 приведена схема ГИР на высокочастотном транзисторе. Колебательный контур $L_кC_1$ включен в цепь базы транзистора T_1. Наивыгоднейший режим генерации устанавливается с помощью подстроечного конденсатора C_3 и переменного резистора R_2,

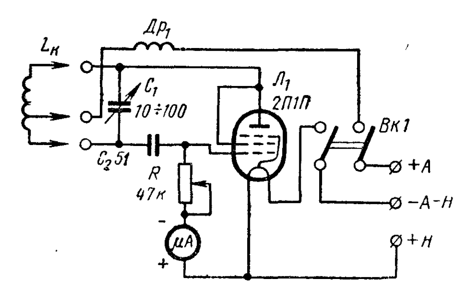


Рис. 1. Схема ГИР с питанием от батарей.

[1] Книга сельского радиолюбителя. Изд-во ДОСААФ, 1961.

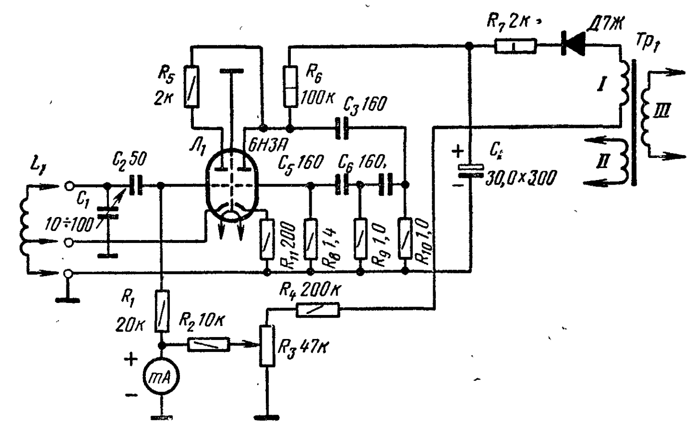


Рис. 2. Схема ГИР с модулятором.

включенных в цепь эмиттера транзистора T_1. Переменный резистор R_1 в цепи микроамперметра служит для регулировки чувствительности ГИР на разных поддиапазонах. Ток полного отклонения стрелки микроамперметра должен быть не более 100—200 *мка*. В качестве детектора могут быть использованы германиевые точечные диоды типа Д1, Д2, Д9 и т. п.

Можно применить транзисторы П403А или П403, П423.

Детали. Количество сменных катушек $L_к$ определяется диапазоном частот, на которых предполагается работать, и емкостью конденсатора C_1. Желательно, чтобы он имел максимальную емкость не менее 100—80 *пф*. В этом случае для перекрытия диапазона 1—48 *Мгц* потребуется изготовить всего пять сменных катушек. Данные катушек приведены в табл. 1.

Катушка для диапазона, *Мгц*	Число витков	Провод	Длина намотки, *мм*	Отвод от витка снизу
1—2,8	140	ПЭЛ 0,1	22	33
2,7—6	65	ПЭЛ 0,1	15	17
5,9—12	35	ПЭЛ 0,2	10	11
11,8—24	12	ПЭЛ 1,0	13	5
23—48	6	ПЭЛ 1,0	12	1,5

Примечание. Диаметр катушек 20 *мм*.

В схемах, изображенных на рис. 1 и 3, отвод на катушках берется от среднего витка.

При отсутствии чувствительных приборов в ламповом ГИР можно использовать миллиамперметр на 5—10 *ма*. Он включается не в сеточную, а в анодную цепь лампы генератора. В этом случае резонансная настройка генератора с частотой исследуемого контура будет отмечаться увеличением анодного тока лампы генератора.

Для ГИР, показанного на схеме рис. 2, можно использовать трансформатор питания от радиовещательного приемника или изготовить трансформатор самостоятельно, намотав на сердечнике из пластин Ш-19 (набор 22 *мм*) обмотку *I* — 1 800 витков провода ПЭЛ 0,1, обмотку *II* — 78 витков провода ПЭЛ 0,3. Для питания ГИР от сети напряжением 127 *в* обмотка *III* должна содержать 1 500, а для сети напряжением 220 *в* — 2 650 витков провода ПЭЛ 0,12. В последнем случае, сделав отвод от середины обмотки *III*, можно питать прибор от сети 110 и 220 *в*.

Полупроводниковый диод $Д_1$ в выпрямителе (рис. 2) можно заменить селеновым выпрямителем, собранным из 12—15 шайб диаметром 15 *мм*. Можно в выпрямителе использовать кенотрон (например, типа 6Ц4П или

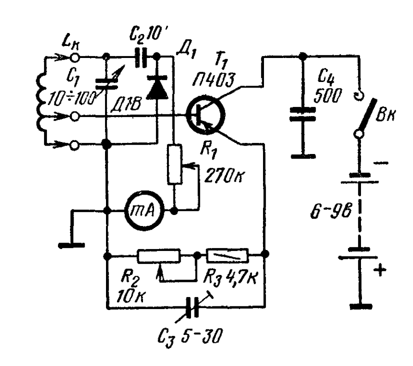


Рис. 3. Схема ГИР на транзисторе.

6Ц5С), в этом случае на трансформаторе $Тр_1$ следует намотать дополнительную обмотку в 78 витков провода ПЭЛ 0,6 для накала кенотрона.

Конденсатор C_2 — керамический типа КД или КТ, остальные — слюдяные или бумажные. Конденсатор C — электролитический типа КЭ-2, К50-3 или К50-7. Переменные резисторы — типа СП или СПО, все постоянные резисторы — типа МЛТ или ВС.

Монтаж ГИР производится на металлическом шасси, размеры которого определяются деталями, используемыми в схеме ГИР.

Гетеродинный индикатор резонанса, схема которого приведена на рис. 2, удобнее монтировать в виде двух блоков. В одном из них размещаются трансформатор питания $Тр_1$, детали выпрямителя и микроамперметр, в другом — все остальные детали схемы. Для подключения сменных контурных катушек индуктивности устанавливается ламповая панелька (октальная или семиштырьковая для пальчиковой лампы). Катушки монтируются на цоколях от перегоревших ламп или для них изготовляются специальные основания с контактными шпильками. Детали высокочастотного генератора следует располагать так, чтобы длина соединительных проводников была наименьшей; это обеспечит устойчивую работу ГИР на частотах УКВ диапазона. Конденсатор переменной емкости C_1 следует устанавливать так, чтобы выводы от его статорных и роторных пластин находились возможно ближе к контактным лепесткам панельки для сменных катушек. Ламповую панель лампы $Л_1$ также располагают с расчетом наивыгоднейшего подключения ее анодной и сеточной цепей к контуру LC_1. Соединительный кабель между высокочастотным блоком и блоком питания может быть взят любой.

Настройка и налаживание ГИР. После проверки цепей питания ГИР прежде всего следует убедиться в его работе. Для этого в контактные гнезда ламповой панельки, предназначенной для сменных катушек, вставляют одну из катушек и, вращая движок переменного резистора R_3 (рис. 2), наблюдают за показаниями сеточного микроамперметра. При некотором начальном положении движка появится сеточный ток, который должен увеличиваться по мере изменения напряжения на управляющей сетке лампы $Л_1$. Проверить наличие колебаний в контуре генератора можно также по исчезновению сеточного тока (срыву колебаний) в момент касания рукой витков катушки.

Убедившись в нормальной работе генератора, переходят к определению и подгонке диапазонов. Начать следует с самого длинноволнового диапазона — 1 — 2,8 *Мгц*. Проще всего подгонку диапазонов производить с помощью градуированного приемника. Подгонку УКВ диапазона при отсутствии градуированного приемника можно произвести с помощью двухпроводной измерительной линии (см. описание на стр. 416). Вся подгонка диапазонов должна производиться таким образом, чтобы нижняя крайняя частота следующего диапазона была несколько меньшей, чем высшая частота предыдущего диапазона (например, в данном случае при наибольшей частоте 2,8 *Мгц* первого диапазона второй диапазон начинается с 2,7 *Мгц*).

Первоначальная подгонка диапазонов осуществляется изменением индуктивности контурных катушек, отмоткой или домоткой у них витков. Более точную подгонку можно произвести укреплением внутри каркасов катушек кусочков карбонильного железа в случае необходимости увеличения индуктивности или помещением короткозамкнутых витков из медного провода для уменьшения индуктивности катушки.

Контрольный приемник, на котором будет проверяться ГИР, собранный по схеме на рис. 1 или 3, должен иметь второй гетеродин, применяемый для приема телеграфных сигналов. Для градуировки ГИР, собранного по схеме на рис. 2, наличие такого гетеродина в контрольном приемнике необязательно, так как в ГИР предусмотрена модуляция несущей частоты.

Определив границы первого диапазона, переходят к следующему, обеспечивая в каждом отдельном случае перекрытие концов соседних диапазонов.

По окончании подгонки всех сменных катушек ГИР рекомендуется для большей механической прочности и защиты от проникновения влаги произвести пропитку их изоляционным лаком (например, раствором полистирола в дихлорэтане). Еще лучше изготовить защитные цилиндры из изоляционного материала (с толщиной стенок 0,5—1 *мм*), в которые и поместить катушки. В этом случае совершенно исключается повреждение обмотки катушек при работе с ГИР.

Для градуировки шкалы ГИР устанавливают на некотором расстоянии от контрольного приемника с таким расчетом, чтобы около катушки $L_к$ не было никаких металлических предметов и положение ГИР оставалось бы неизменным на все время производства его градуировки. Если в используемом для градуировки КВ приемнике рабочий диапазон начинается с 1,5 *Мгц*, следует принять на него вторую гармонику ГИР и, разделив пополам полученное значение частоты, сделать первую отметку (риску) на шкале. Перестроив приемник на частоту, соответствующую следующей желательной отметке, ГИР подстраивают по максимуму слышимости в приемнике и делают на шкале следующую отметку и т. д. Количество отдельных значений частоты, отмеченных на шкале, зависит от желательной точности, а также от цены делений на шкале используемого для градуировки приемника. Кроме общих частотных отметок на шкале, для удобства работы с КВ и УКВ аппаратурой можно сделать дополнительные отметки крайних частот соответствующих любительских диапазонов. Если предполагается использовать ГИР для работы с радиовещательной аппаратурой, то для него нужно изготовить дополнительные катушки на диапазон частот 150 *кгц*—1,2 *Мгц*. Подбор катушек и градуировку ГИР начинают с частоты 150 *кгц* с помощью обычного вещательного приемника с заведомо правильной шкалой.

Налаживание транзисторного ГИР мало чем отличается и производится в том же порядке, как и налаживание лампового прибора. В основном оно сводится к подбору емкости конденсатора C_2 и сопротивления резистора R_3. Они должны быть таковы, чтобы обеспечить стабильную работу генератора на всех диапазонах. Коллекторный ток T_1 при этом не должен превышать 3—5 *ма*.

О наличии ВЧ колебаний в контуре $L_кC_1$ можно судить по отклонению стрелки индикаторного прибора. Для облегчения налаживания ГИР можно рекомендовать вначале собрать его на небольшой экспериментальной панельке и, лишь добившись стабильной работы генератора, монтировать прибор «начисто».

Методика применения ГИР. Одним из наиболее распространенных случаев использования ГИР является определение им собственной резонансной частоты различных контуров. Для этого катушку $L_к$ ГИР подносят к катушке колебательного контура, резонансную частоту которого предстоит определить, и вращением рукоятки конденсатора переменной емкости по резкому спаду показаний прибора ГИР определяют момент резонанса генерируемой ГИР частоты с частотой исследуемого контура. После этого показание частоты считывается со шкалы ГИР или определяется по градуировочной кривой. Если при данной катушке резонанса отметить не удалось, следует взять другую катушку из набора сменных катушек ГИР и повторить все сначала.

При некотором опыте производства подобных измерений обычно удается сразу выбрать нужную катушку для каждого отдельного случая. Для получения наибольшей точности измерения рекомендуется иметь возможно более слабую связь между катушкой ГИР и исследуемым контуром, т. е. производить измерение на наибольшем, практически возможном расстоянии между

катушками, на котором удается четко зафиксировать спад тока на индикаторе ГИР. При смене катушек ГИР следует с помощью переменного резистора, стоящего в цепи индикатора, добиваться такого положения, при котором стрелка индикатора после смены катушек находилась бы примерно в одном и том же положении. В тех случаях, когда невозможно поднести ГИР непосредственно к проверяемому контуру, можно применить отрезок коаксиального кабеля, снабженный петлей связи, подключая его к части витков катушки ГИР.

Кроме измерения резонанса параллельных контуров, таким же методом можно определить резонансные частоты кварцевых пластин, антенно-фидерных систем, конденсаторов, дросселей и других элементов радиосхем. В каждом случае катушка $L_к$ ГИР подносится к петле связи, образуемой выводами детали, и по показаниям индикатора определяется момент резонанса. Когда же приходится иметь дело с контурами, шунтированными малыми сопротивлениями, момент резонанса определить бывает весьма трудно. В этом случае рекомендуется отключить шунтирующий резистор от контура.

Если же обнаруживается явление расплывчатого резонанса при связи с нешунтированным контуром, то это сигнализирует о наличии короткозамкнутых витков в катушке контура. Таким образом, ГИР поможет в некоторых случаях обнаруживать и устранять неисправности в различных узлах радиоаппаратуры.

Для определения собственной емкости монтажа схемы со всеми элементами, включая межэлектродные емкости ламп, на время измерения следует составить вспомогательный контур из катушки индуктивности, содержащей три — пять витков провода диаметром 1—2 *мм* при диаметре намотки 20—25 *мм*. Конденсатором этого контура будет емкость монтажа — шасси. После определения резонансной частоты, которая обычно лежит в пределах 20—40 *Мгц*, этот контур заменяют керамическим или слюдяным конденсатором емкостью 20—30 *пф* (желательно предварительно измерить емкость этого конденсатора) и вновь определяют резонансную частоту. По полученной разности частот можно судить о емкости монтажа данного узла.

Гетеродинный индикатор резонанса с модулятором можно использовать как обычный сигнал-генератор для настройки супергетеродинных приемников и телевизоров. В этом случае катушку $L_к$ ГИР подносят к сеточному контуру преобразователя и, установив по шкале ГИР частоту, равную промежуточной частоте приемника, настраивают контуры ПЧ приемника, ориентируясь на наибольшую громкость или на показания вольтметра, подключенного к выходу приемника. Затем, используя ГИР как волномер, устанавливают границы частоты гетеродина путем подбора индуктивности катушки и емкости сопрягающего конденсатора. В заключение, подав на вход приемника сигнал соответствующей частоты, производят настройку входа и сопряжение контуров.

С помощью ГИР с модулятором можно производить покаскадную проверку приемников. Для этого сигнал от ГИР поочередно подают в сеточные цепи всех высокочастотных каскадов, начиная с последнего каскада усилителя ПЧ. Во избежание ошибки лампы предыдущих каскадов на это время удаляют.

С не меньшим успехом можно использовать ГИР в качестве чувствительного волномера. Для этого генератор устанавливают в режим срыва колебаний и таким образом превращают в регенеративный приемник со стрелочным индикатором в цепи сетки. Срыв колебаний достигается уменьшением анодного напряжения и будет характеризоваться падением сеточного тока. При поднесении катушки $L_к$ к источнику высокочастотных колебаний можно будет вновь наблюдать появление сеточного тока в момент настройки ГИР в резонанс с источником колебаний ВЧ.

Транзисторный ГИР можно также снабдить модулятором. Это значительно расширит его возможности и позволит использовать прибор для отыскания неисправностей и настройки приемников и телевизоров. Схема подобного ГИР была опубликована в журнале «Радио» № 4 за 1963 г. (стр. 30).

ПРОБНИК ПРОХОЖДЕНИЯ СИГНАЛА [1]

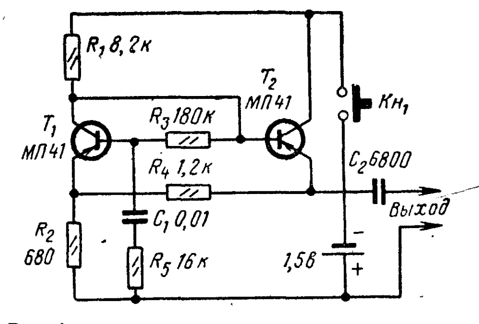


Рис. 1.

С помощью описываемого ниже пробника можно проверить прохождение сигнала в радио приемнике и определить неисправный каскад. Необходимость в этом возникает при сборке, налаживании и ремонте приемной аппаратуры. Пробник собран по схеме мультивибратора (рис. 1), генерирующего прямоугольные импульсы с частотой 1 000 *гц*. Такой сигнал содержит большое количество гармоник, поэтому пробником можно проверять прохождение сигнала по всем каскадам приемника—низкой, промежуточной и высокой частоты. Особенностью данной схемы мультивибратора является низкое выходное сопротивление. Поэтому подключение его к испытываемому каскаду не влияет существенно на частоту и величину напряжения сигнала.

В генераторе применены транзисторы типа МП41 (можно использовать любые маломощные транзисторы), постоянные резисторы типа ВС-0,125, конденсаторы типа КЛС.

На рис. 2 показан эскиз печатной платы и размещение деталей пробника. Включают генератор нажатием кнопки $Кн_1$, имеющей нормально разомкнутую пару контактов.

Зажимом «крокодил» соединяют пробник с общим проводом схемы, а щупом пробника прикасаются поочередно к выводам баз транзисторов, начиная с выходного каскада усилителя НЧ. Если при этом в громкоговорителе слышен звук, то это свидетельствует об исправности каскада, к транзистору которого прикасаются щупом. Отсутствие звука означает, что испытываемый каскад неисправен. По мере перехода к выходному каскаду звук в громкоговорителе должен увеличиваться, что свидетельствует об усилении сигнала.

В этом случае корпус пробника можно изготовить из органического стекла толщиной 3—4 *мм*, склеив его части дихлорэтаном. Внутренний вид пробника показан на рис. 3.

[1] Автор Б. В. Портной.

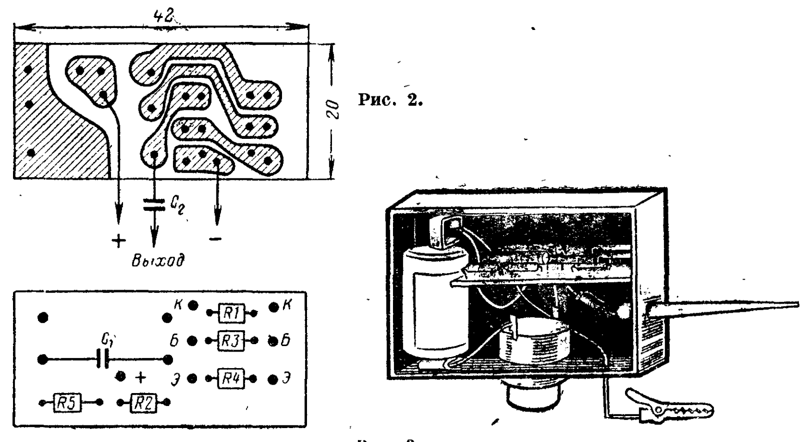


Рис. 2.

Рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

В помощь радиолюбителю. Изд-во ДОСААФ, вып. 28, 1966.

В сборнике помещена статья В. Эйнбиндера с описанием транзисторного милливольтметра, предназначенного для измерения переменных напряжений с частотами 20 *гц*—20*кгц*.

Радиолюбительский справочник. Под общ. ред. Д. П. Линде. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

16-я и 17-я главы справочника посвящены вопросам измерения электрических и неэлектрических величин.

Дудич И. И. Измерительные устройства для радиолюбителей. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

В брошюре даны описания и схемы ряда несложных конструкций на транзисторах: вольтметра, комбинированного авометра, малогабаритной измерительной установки, прибора для измерения емкостей и сопротивлений, звукового генератора, испытателя транзисторов и сигнал-индикатора.

Меерсон А. М. Радиоизмерительная техника, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 400 стр.

Изложены основные методы радиотехнических измерений и принципы действия радиоизмерительных приборов. Приведены описания более 70 практических схем приборов, доступных для самостоятельного изготовления: миллиамперметры, микроамперметры, вольтметры ламповые и транзисторные, измерительные генераторы, омметры, куметры, испытатели ламп и транзисторов, электронные осциллографы и приставки к ним, авометры и др. Приводятся методы их расчета.

Книга — пособие по изучению основ радиоизмерительной техники для радиолюбителей и справочник по конструированию измерительных приборов.

Кузнецов А. С. Простой осциллограф. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 16 стр.

Описание двухлампового осциллографа с трубкой 5ЛО38И, предназначенного для визуального наблюдения и фотографирования электрических процессов. Прибор может измерять напряжение, ток, мощность и частоту. С его помощью облегчается проверка, регулировка и отыскание неисправностей в радиоаппаратуре.

Описание подробное, с монтажными схемами. Рассказано о налаживании осциллографа и о работе с ним.

Ломанович В. Радиолаборатория юного конструктора. Изд-во ДОСААФ, 1968, 80 стр.

Книга поможет юным радиолюбителям-конструкторам оборудовать небольшую домашнюю радиолабораторию. Даются описания стрелочных измерительных приборов, самодельных авометра и низкочастотного генератора.

Соловов В. Я. Осциллографические измерения. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 56 стр.

Рассмотрена методика осциллографических измерений.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и руководителей радиокружка.

Школа радиолюбителя. Вып. 4. Изд-во ДОСААФ, 1968.

В статье Н. Бороздиной «Лаборатория радиолюбителя» описано устройство магнитоэлектрических, тепловых и электростатических измерительных приборов.

Школа юного радиолюбителя. Вып. 4. Изд-во ДОСААФ, 1968. В брошюре помещены Е. Ивановым описания несложных вольтметров: транзисторного по мостовой схеме, многопредельного лампового со стрелочным индикатором и простого вольтметра с электронносветовым индикатором 6Е5С вместо стрелочного прибора.

Глузман И. А. Любительский генератор стандартных сигналов. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Подробное описание широкодиапазонного генератора на диапазон 100 *кгц*—90 *Мгц*. Дан расчет основных элементов, описывается его конструкция, методы налаживания и эксплуатации.

Грибанов Ю. И. Измерения и приборы в радиолюбитель-

ской практике. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 192 стр.

В книге приведены некоторые сведения из метрологии, рассматриваются различные методы измерений напряжений, токов, сопротивлений, индуктивностей и частоты в цепях радиоэлектронных устройств. Особое внимание уделено электромеханическим измерительным приборам, их градуировке и проверке. Описаны конструкции измерительных приборов, построенные автором.

Редькина Л. И. и Редькин Б. Е. Электронные коммутаторы к осциллографам. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Рассмотрены методы осциллографирования с помощью электронных коммутаторов и принципы их построения. Даются описания электронных коммутаторов на реле, электровакуумных и полупроводниковых приборах.

Акментыньш А. Я. Любительский куметр. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 80 стр.

Изложены основные принципы работы куметра. Дано полное описание любительской конструкции куметра на полупроводниковых приборах и его налаживания. Излагаются методы работы с прибором.

Власенков А. Т. и Солдатенков В. А. Основные измерения в практике радиолюбителя. Изд-во ДОСААФ, 1971, 80 стр.

В книге рассказывается на примере конкретных схем об основных измерениях, с которыми приходится встречаться при создании радиоприемников.

Рассчитана на широкие круги радиолюбителей.

Ломанович В. А. Домашняя радиолаборатория. Изд-во «Связь», 1970 (Библиотека «Телевизионный и радиоприем. Звукозапись»), 142 стр.

Рассматриваются общие вопросы, связанные с расчетом, устройством и принципом действия различных измерительных устройств. Описан ряд измерительных приборов, изготовленных автором: простой авометр, многопредельный электроизмерительный прибор с чувствительным индикатором, прибор для проверки мощных транзисторов, испытатель полупроводниковых приборов, низкочастотный генератор, резонансные частотомеры и др. В заключительной главе приводится описание стабилизированного регулируемого источника постоянного тока, рассчитанного на питание налаживаемых конструкций и рассмотрен принцип действия нескольких схем полупроводниковых стабилизаторов напряжения.

Ринский В. И. Измерительная лаборатория радиолюбителя. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 168 стр.

Изложены основы радиоизмерительной техники, освещена роль измерения в радиолюбительской практике, дается описание несложных радиоизмерительных приборов, построенных автором. Даны рекомендации по их налаживанию и эксплуатации.

Солдатенков С. Г. Измерители параметров транзисторов. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Подробное описание пяти малогабаритных приборов для определения годности и измерения параметров транзисторов.

Сонин В. К. Цифровой вольтметр на транзисторах. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр.

Подробное описание прибора с цифровой индикацией, выполненного на пальчиковых индикаторных лампах.

Шилов В. Ф. Конструкции на неоновой лампе. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 40 стр.

Применение неоновой лампы типа МН-3 в качестве индикатора напряжений и токов в нескольких электроизмерительных приборах, для испытания изоляции проводов и физических опытов.

Предназначена для широкого круга радиолюбителей.



НАЛАЖИВАНИЕ И РЕМОНТ РАДИОПРИЕМНИКОВ

чем налаживание отличается от ремонта

Ремонт и налаживание радиоприемников — одна из основных «профессий» радиолюбителя. Налаживать приходится свои конструкции, а ремонтировать заводские приемники соседей и друзей — ведь неудобно отказать приятелю посмотреть «захандривший» приемник.

Но что такое налаживание и чем оно отличается от ремонта?

Налаживают обычно вновь сделанный радиоаппарат. Поэтому налаживание — это более сложный процесс, чем ремонт. Ведь в только что собранной схеме могут быть ошибки, могут быть неисправные детали, ненастроенные контуры и т. п. Следовательно, налаживание состоит из проверки схемы и, если необходимо, то и поиска ошибки в монтаже, затем проверки деталей, а может быть, и ремонта неисправной детали; наконец, налаживание состоит в подгонке режима ламп или транзисторов, устранении самовозбуждения и настройке колебательных контуров. Словом, цель

[1] Глава написана А. Г. Соболевским с использованием материала книги «Налаживание радиоаппаратуры» (авторы Ломанович В. А. и Соболевский А. Г.). Изд-во ДОСААФ, 1968.

налаживания — исправить и отрегулировать приемник таким образом, чтобы он обладал характеристиками и параметрами, которые были предусмотрены его конструктором.

При ремонте же приемника, особенно заводского изготовления, можно быть уверенным, что в схеме нет ошибок (ведь приемник еще недавно отлично работал!), поэтому надо только найти возникшую неисправность, устранить ее, и приемник заработает. Правда, иногда приходится подстраивать колебательные контуры и подбирать режимы, но это только при ремонте давно работающих приемников, у которых от времени изменились параметры деталей. Как видите, ремонт — это только часть процесса налаживания, поэтому он менее сложен. Но это не означает, что ремонт — дело простое. Современный радиоприемник — любительский или заводской — сложный радиоаппарат. Миниатюризация радиоэлектронной аппаратуры, появление печатного монтажа и транзисторов привели к тому, что и налаживание, и ремонт очень усложнились. Поэтому теперь надо не только хорошо представлять себе принцип работы приемника и его отдельных каскадов (а также их взаимосвязь, что особенно важно!), но и уметь разбираться в незнакомом монтаже, производить пайку в миниатюрном транзисторном приемнике, уметь правильно оценить «симптомы болезни» радиоаппарата и т. п. Как видите, ремонт и особенно налаживание — дело кропотливое, требующее и знаний, и умения. Кроме того, необходимо придерживаться определенной методики налаживания и ремонта, проводить поиск неисправностей и настройку контуров в определенной последовательности.

Самое главное — нормальное питание! Начиная налаживать радиоприемник, прежде всего надо убедиться, что блок питания (трансформатор с выпрямителем или батареи) выдает нормальные напряжения и токи. Если напряжения на выходе блока питания отличаются от номинальных, то надо обязательно найти причину этого, так как неисправность блока питания может сильно нарушить работу приемника, вызывать его самовозбуждение.

О работе выпрямителя судят по напряжению на его выходе под нагрузкой: оно не должно отличаться от номинального более чем на ± 10% (выходом выпрямителя считают последний конденсатор фильтра, но в современных приемниках выпрямитель часто имеет несколько выходных точек). Если напряжение на выходе выпрямителя отсутствует или недостаточно, надо выключить приемник и измерить омметром общее сопротивление анодной цепи приемника — оно должно быть не менее 1—2 *ком*. Меньшая величина сопротивления заставляет предположить, что где-то в приемнике имеется замыкание. Можно вместо измерения сопротивления включить на выход выпрямителя миллиамперметр, который в случае замыкания в анодных (коллекторных) и экранных цепях приемника покажет ток, значительно превышающий нормально потребляемый этими цепями.

Если в анодных (коллекторных) и экранных цепях приемника ни замыканий, ни значительных утечек не обнаружено, то причину понижения выходного напряжения надо искать в самом блоке питания: омметром проверить исправность электролитических конденсаторов в фильтре выпрямителя. При этом следует иметь в виду, что при замыкании первого (от трансформатора) электролитического конденсатора перегорает сетевой предохранитель и в большинстве случаев выходит из строя полупроводниковый выпрямитель или кенотрон. Если замыкания в конденсаторах фильтра нет, а предохранитель перегорает, то возможно наличие короткозамкнутых витков в трансформаторе питания. Тогда надо отсоединить повышающую обмотку от выпрямительных вентилей или вынуть кенотрон из панельки и измерить напряжение на повышающей обмотке. При замыкании напряжение на ней будет меньше нормального. Впрочем, если в трансформаторе имеется всего несколько короткозамкнутых витков, то уменьшение напряжения будет незначительным и его можно не заметить. Но даже в этом случае трансформатор уже через 2—5 *мин* сильно нагреется. Такой трансформатор надо заменить.

Конденсаторы фильтра выпрямителя могут иметь большой ток утечки, и это тоже может явиться причиной пониженного напряжения на выходе выпрямителя. Обнаружить такие конденсаторы можно при помощи омметра

(измерив их сопротивление), кроме того, они нагреваются в процессе работы. Следует проверить также омметром исправность полупроводникового выпрямительного элемента (диодов или пакета АВС). Надо иметь в виду, что если произойдет пробой одного плеча мостикового выпрямителя, то приемник будет работать, но АВС сильно нагреется.

Напряжение накала ламп под нагрузкой должно быть не менее 5,8 *в*. Если это напряжение значительно ниже, то либо произошло замыкание в цепях питания накала ламп, либо замыкание витков обмотки трансформатора. В этом случае надо отсоединить выводы обмотки от цепей питания накала ламп. Если цепи питания исправны, а напряжение на выходе обмотки почти не повысилось, то, по-видимому, произошло замыкание витков в обмотке и трансформатор придется перемотать. Если же напряжение на выходе накальной обмотки станет нормальным, ищите неисправность в цепях питания накала или в самих лампах.

Если блоком питания является аккумулятор или батарея, то проверяют их напряжение под нагрузкой. Напряжение не должно отличаться от номинального более чем на 10%; не должно быть скачков напряжения. Падение напряжения и скачки указывают на разряд батареи или ненадежные контакты в ней.

Итак, блок питания работает нормально. Теперь можно заняться собственно приемником. Но не спешите проверять детали, заменять лампы или транзисторы, то есть вмешиваться в схему. Поступайте так, как это делают врачи-терапевты: сначала выслушайте приемник, измерьте напряжения и постарайтесь поставить диагноз его «болезни», т. е. определите, надо ли искать неисправность в резисторах, в транзисторах или лампах, или придется подстроить колебательные контуры и подобрать режимы. И самое главное, надо при таком осмотре попытаться установить каскад, в котором надо искать неисправность.

Как же отыскать неисправность?

Разделим условно все возможные неисправности приемника на три группы: приемник вообще не работает, приемник работает частично и приемник работает, но плохо.

Рассмотрим подробнее эти группы неисправностей.

Приемник вообще не работает. Если радиоприемник совершенно не работает, то его налаживание или ремонт начинают с того, что пытаются приблизительно определить характер неисправности. Прежде всего проверяют предохранитель. Если он перегорел или в ящике приемника чувствуется запах дыма, то, вероятнее всего, в приемнике произошло короткое замыкание. Его надо устранить и только потом включать приемник в сеть.

Замыкание в транзисторном приемнике вызывает усиленный разряд батареи, это можно обнаружить, подключив новую батарею к приемнику через миллиамперметр с пределом измерения в несколько сотен миллиампер, — миллиамперметр покажет ток, значительно больший, чем потребляемый исправным приемником.

Если нет признаков замыкания (например, предохранитель цел), то включают приемник и стараются определить, почему он не работает. В ламповом приемнике надо определить, есть ли в громкоговорителе фон переменного тока — небольшой, иногда еле слышный гул: наличие фона укажет на нормальную работу выпрямителя и выходной лампы. Затем проверьте работу радиоламп или транзисторов. Проще всего это сделать, заменив лампы заведомо годными, например проверенными специальным прибором или хорошо работавшими в другом приемнике. Если это сделать невозможно, то надо дать приемнику прогреться и внимательно осмотреть лампы: у большинства «пальчиковых» ламп при работе виден светящийся накал и лампы нагреваются. Если свечения не видно и лампа остается холодной, то значит перегорела нить накала, либо до нее не доходит напряжение, например, из-за плохого контакта ножек лампы в панельке.

(измерив их сопротивление), кроме того, они нагреваются в процессе работы. Следует проверить также омметром исправность полупроводникового выпрямительного элемента (диодов или пакета АВС). Надо иметь в виду, что если произойдет пробой одного плеча мостикового выпрямителя, то приемник будет работать, но АВС сильно нагреется.

Напряжение накала ламп под нагрузкой должно быть не менее 5,8 *в*. Если это напряжение значительно ниже, то либо произошло замыкание в цепях питания накала ламп, либо замыкание витков обмотки трансформатора. В этом случае надо отсоединить выводы обмотки от цепей питания накала ламп. Если цепи питания исправны, а напряжение на выходе обмотки почти не повысилось, то, по-видимому, произошло замыкание витков в обмотке и трансформатор придется перемотать. Если же напряжение на выходе накальной обмотки станет нормальным, ищите неисправность в цепях питания накала или в самих лампах.

Если блоком питания является аккумулятор или батарея, то проверяют их напряжение под нагрузкой. Напряжение не должно отличаться от номинального более чем на 10%; не должно быть скачков напряжения. Падение напряжения и скачки указывают на разряд батареи или ненадежные контакты в ней.

Итак, блок питания работает нормально. Теперь можно заняться собственно приемником. Но не спешите проверять детали, заменять лампы или транзисторы, то есть вмешиваться в схему. Поступайте так, как это делают врачи-терапевты: сначала выслушайте приемник, измерьте напряжения и постарайтесь поставить диагноз его «болезни», т. е. определите, надо ли искать неисправность в резисторах, в транзисторах или лампах, или придется подстроить колебательные контуры и подобрать режимы. И самое главное, надо при таком осмотре попытаться установить каскад, в котором надо искать неисправность.

Как же отыскать неисправность?

Разделим условно все возможные неисправности приемника на три группы: приемник вообще не работает, приемник работает частично и приемник работает, но плохо.

Рассмотрим подробнее эти группы неисправностей.

Приемник вообще не работает. Если радиоприемник совершенно не работает, то его налаживание или ремонт начинают с того, что пытаются приблизительно определить характер неисправности. Прежде всего проверяют предохранитель. Если он перегорел или в ящике приемника чувствуется запах дыма, то, вероятнее всего, в приемнике произошло короткое замыкание. Его надо устранить и только потом включать приемник в сеть.

Замыкание в транзисторном приемнике вызывает усиленный разряд батареи, это можно обнаружить, подключив новую батарею к приемнику через миллиамперметр с пределом измерения в несколько сотен миллиампер, — миллиамперметр покажет ток, значительно больший, чем потребляемый исправным приемником.

Если нет признаков замыкания (например, предохранитель цел), то включают приемник и стараются определить, почему он не работает. В ламповом приемнике надо определить, есть ли в громкоговорителе фон переменного тока — небольшой, иногда еле слышный гул: наличие фона укажет на нормальную работу выпрямителя и выходной лампы. Затем проверьте работу радиоламп или транзисторов. Проще всего это сделать, заменив лампы заведомо годными, например проверенными специальным прибором или хорошо работавшими в другом приемнике. Если это сделать невозможно, то надо дать приемнику прогреться и внимательно осмотреть лампы: у большинства «пальчиковых» ламп при работе виден светящийся накал и лампы нагреваются. Если свечения не видно и лампа остается холодной, то значит перегорела нить накала, либо до нее не доходит напряжение, например, из-за плохого контакта ножек лампы в панельке.

Проверить транзисторы сложнее, так как при работе они не нагреваются (исключая мощные выходные транзисторы), а чтобы их заменить, надо выпаять их из схемы — это сложно и небезопасно для транзистора. Поэтому заменять транзистор следует лишь в том случае, если есть определенная уверенность, что он не работает. Вместо замены транзисторов надо прежде всего определить неисправный блок приемника. Для этого надо мысленно разделить приемник на блоки и проверить работоспособность каждого.

Если напряжения питания нормальные, то проверку следует начинать с усилителя низкой частоты: например, проиграть «через него» пластинки или постукать по звукоснимателю, включенному на входе усилителя. Можно прикоснуться пальцем к гнезду подключения звукоснимателя лампового приемника — при этом должно появиться гудение. Если этого не произойдет, то к гнезду через конденсатор емкостью 0,1 *мкф* подают переменное напряжение накала. Если гудения не появится и в этом случае, то конденсатор следует присоединить непосредственно к управляющей сетке первой лампы усилителя. Если не загудит, то это уже сигнализирует, что усилитель или какая-нибудь из его ламп неисправны.

Чтобы выяснить «адрес» неисправности, подают поочередно на управляющие сетки всех ламп переменное напряжение накала через конденсатор, начиная с выходного каскада. Если при подаче напряжения на управляющую сетку выходной лампы гудение появится, а при подаче на управляющую сетку лампы каскада предварительного усиления его не будет, то значит в этом каскаде неисправность или вышла из строя лампа. Можно просто прикоснуться пальцем или металлической отверткой к цепям управляющих сеток ламп (установив регулятор громкости на максимальное усиление). Появление гула в громкоговорителе укажет на исправность всех последующих каскадов.

Проверять каскады транзисторного усилителя низкой частоты можно таким же способом — подавая на базы транзисторов через конденсатор переменное напряжение от обмотки любого понижающего трансформатора, напряжение на выходе которого не более нескольких вольт.

Итак, усилитель низкой частоты проверен. Теперь можно переходить к высокочастотным каскадам, запомнив правило: проверять, налаживать и настраивать приемник надо с «конца», т. е. в следующей последовательности: блок питания, усилитель низкой частоты, детектор, усилитель промежуточной частоты (начиная с последнего каскада при покаскадной проверке), преобразователь и усилитель высокой частоты.

Быстро проверить работоспособность высокочастотных каскадов можно следующим способом: антенну через конденсатор емкостью 0,01 *мкф* периодически подключают к управляющим сеткам ламп или базам транзисторов высокочастотных каскадов, начиная с последнего каскада усилителя промежуточной частоты. Если лампы (транзисторы) и каскады исправны, то при подключении и отключении антенны в громкоговорителе приемника будут прослушиваться шорохи и потрескивания. Например, если при подключении антенны к управляющей сетке лампы первого каскада усилителя промежуточной частоты в громкоговорителе слышен шорох, то это позволяет сделать заключение, что усилитель промежуточной частоты и все последующие каскады между ним и громкоговорителем исправны. Если же шорохов не слышно, а присоединение антенны к управляющей сетке лампы второго каскада усилителя ПЧ их вызывает, значит неисправен первый каскад этого усилителя.

Проверку транзисторного приемника можно осуществить таким же способом; здесь надо быть очень осторожным при подаче на базы транзисторов напряжений и т. п., так как транзисторы очень чувствительны к перегрузкам. Известны случаи, когда касание пальцем базы транзистора приводило к пробою его перехода под действием статического разряда тела человека. Поэтому при проверке каскадов не надо замыкать базы транзисторов на общую шину (чтобы услышать щелчок). Если для проверки используется напряжение трансляционной сети, то это напряжение не должно превышать доли вольта и подавать его надо через конденсатор, причем снимать с делителя, включенного в сеть, а не непосредственно с сети.

вод держится только за счет механического крепления в отверстии контактного лепестка. У такого «ложного» контакта со временем происходит окисление, и от малейшего толчка или сотрясения контакт то нарушается, то вновь восстанавливается. Обнаружить такой контакт легче всего, слегка ударяя по корпусу включенного приемника. Если приемник работает временами, или «заикается», надо изоляционной палочкой осторожно покачивать мелкие детали, провода, дотрагиваться до контактных лепестков и т. п. Так можно обнаружить дефектный контакт, который надо тщательно пропаять.

Надо проверить и контакты в ламповой панельке. Для этого лампу слегка покачивают, и если при этом в громкоговорителе возникает потрескивание, то это свидетельствует о плохом контакте. Контакт в панельке регулируют острым шилом, отгибая пружинящий лепесток. Делать это надо осторожно, так как в случае повреждения панельки ее придется заменять, а это очень кропотливое дело.

Проверяя монтаж, выполненный печатным способом, надо обратить внимание на места спая выводов деталей с токопроводящими полосками. Если выводы деталей покачиваются в отверстиях платы, то эти места следует осторожно пропаять. Надо также проверить, нет ли затеков олова, создающих замыкание между токопроводящими полосками, а также нет ли отлипаний и отрывов этих полосок. Отставшие от платы полоски подклеивают к плате клеем БФ, а обрывы устраняют, впаивая кусочки монтажного провода между двумя ближайшими узловыми точками спая, которые соединяла оборвавшаяся полоска. При пробое, прогорании или поломке платы печатного монтажа в большинстве случаев приходится заменять плату новой, но если постараться, то можно ее отремонтировать. Кстати, если необходимо заменить провод или какую-либо мелкую деталь на монтажной плате, в том числе и печатной, то их выводы не отпаивают, а перекусывают бокорезами. Распаивать контакт не следует (особенно это относится к заводскому монтажу), так как выводы обычно механически закреплены на контактном лепестке — конец вывода пропущен в отверстие лепестка и загнут. Поэтому вытащить вывод из отверстия очень трудно, особенно, если на данном лепестке соединено несколько выводов. Приходится дергать вывод, в результате чего весь контакт оказывается поврежденным. Кроме того, приходится долго нагревать контакт, в результате детали перегреваются и могут выйти из строя или изменяются их параметры. Однако в печатном монтаже выводы деталей и проводов обычно не закрепляют на плате, а пропускают в отверстие и припаивают к токоведущим полоскам; такой вывод легко вытащить, если аккуратно нагреть пайку.

Но предположим, что внешний осмотр не позволил обнаружить причину неисправности. Тогда приходится прибегать к измерению режима, чтобы установить, соответствуют ли напряжения, поданные на электроды, нормальным напряжениям, указанным на принципиальной схеме. Проверку режима производят следующим образом: один из щупов вольтметра присоединяют к заземленной шине приемника (при проверке лампового приемника это обычно щуп «—», а при проверке транзисторного «+»), а другим щупом прикасаются к соответствующему выводу детали или контактному лепестку (рис. 1 и 2) и по шкале прибора определяют напряжение между данными точками: оно не должно отличаться от номинальной величины, указанной на схеме или в справочнике, больше чем на $\pm20\%$. При этом проверку напряжений надо начинать с измерения напряжений питания, которые не должны отличаться от номинальных больше чем на $\pm10\%$. Если напряжение электросети значительно отличается от номинального, приемник надо включить через автотрансформатор. В транзисторном приемнике надо сменить батареи или питать его от сетевого регулируемого источника. Затем измеряют напряжение на электролитических конденсаторах фильтра выпрямителя, и если это напряжение отличается от указанного не более чем на $\pm20\%$, переходят к измерению напряжения на остальных точках схемы. Если окажется, что измеренное напряжение между какими-либо точками больше чем на $\pm20\%$ отличается от указанного на схеме, то это сигнализирует о неполадке в данной цепи, т. е. в этой цепи произошел обрыв, значительное уменьшение или,

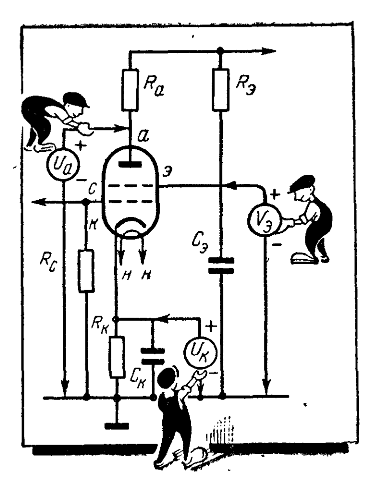


Рис. 1.

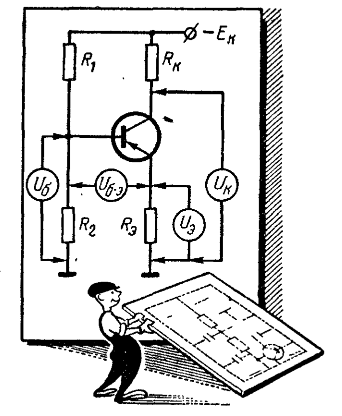


Рис. 2.

наоборот, увеличение сопротивления и пр. Поэтому надо измерить сопротивление между точкой, напряжение в которой мало или отсутствует вовсе, и общим проводом питания, например, между коллектором и минусом питания. Если омметр вместо сопротивления резисторов, указанных на схеме между этими точками, покажет нуль, значит, в измеряемой цепи имеется короткое замыкание. Наоборот, если стрелка омметра не отклоняется даже при включении на самый большой предел измерения, то это сигнализирует об обрыве в измеряемой цепи. Если же измеренное сопротивление цепи отличается от сопротивления, которое мы определили по принципиальной схеме, больше чем на $\pm 20\%$, то это свидетельствует о какой-то неисправности в данной цепи.

По нарушению режима и изменению сопротивлений проверяемых цепей можно судить о неисправностях, которые произошли в схеме приемника. Если это обрыв, то произошел разрыв цепи, по которой до этого протекал постоянный ток, создававший определенное падение напряжения на сопротивлениях участков этой цепи. Для обнаружения места обрыва по принципиальной схеме находят детали, соединяющие контролируемую точку с источником питания, и проверяют, на какой из точек соединения этих деталей имеется напряжение. Неисправная деталь будет находиться между контролируемой точкой и точкой, на которой имеется напряжение.

В случае короткого замыкания в монтаже или в детали напряжение и сопротивление, измеренные в контролируемой точке, будут равны нулю. Чтобы обнаружить причины замыкания, на принципиальной схеме находят детали, в которых оно может произойти; проверяют монтаж, конденсаторы, трансформаторы и резисторы, осматривают выводы деталей.

Когда при включении приемника тут же перегорает при вынутом из панельки кенотроне предохранитель, надо предположить, что произошло замыкание в обмотках трансформатора или в цепи питания накала ламп — в этом случае трансформатор обычно сильно гудит и очень быстро нагревается. Если же предохранитель не перегорает, то надо проверить кенотрон или полупроводниковый выпрямитель. Затем проверяют электролитические конденсаторы фильтра выпрямителя и анодных цепей приемника при помощи омметра, отпаивая конденсаторы от схемы.

Признаком короткого замыкания анодных цепей приемника обычно служит сильный нагрев анодов кенотрона — до красного каления. Полупроводниковые диоды при этом обычно выходят из строя, поэтому если обнаружено, что диоды испорчены, то надо тут же проверить омметром, нет

ли короткого замыкания в цепях, следующих за полупроводниковым выпрямителем.

Если сопротивление электролитического конденсатора не равно нулю, т. е. он не пробит, а напряжение на выходе выпрямителя отсутствует, то это означает, что замыкание произошло в каком-то месте схемы, которое соединено с электролитическим конденсатором через один или несколько резисторов. Чтобы отыскать место замыкания, по принципиальной схеме выясняют, сколько параллельных цепей присоединено к данной контрольной точке или выводу электролитического конденсатора. Для этого поочередно измеряют сопротивление между заземленной шиной и каждой точкой соединения детали в данной цепи. Если при одном из таких измерений омметр покажет сопротивление, равное нулю, то место замыкания найдено.

При неисправном источнике отрицательного напряжения или элементов его цепи изменяется напряжение смещения на управляющей сетке лампы. Это приводит к резкому изменению режима и увеличению тока, протекающего по лампам.

Приемник работает частично. Частичной можно считать такую работу приемника, когда есть прием радиостанций, но с некоторыми дефектами, либо работают только некоторые блоки приемника; в последнем случае прием радиостанций может отсутствовать, но предохранитель не перегорает, в схеме нет замыканий, словом, внешне все в порядке.

В некоторых случаях сам характер неисправности указывает место, в котором следует искать неисправность. Например, если при вращении регулятора громкости передача то пропадает, то восстанавливается и слышны трески и шорохи, то это указывает на неисправность переменного резистора, и его надо заменить. Если приемник хорошо работает на всех диапазонах, кроме одного, то надо тщательно проверить все цепи этого диапазона и особенно контакты переключателя, относящиеся к нему.

Но бывают и более сложные случаи неполной работы приемника, когда надо прежде всего постараться по характеру неисправности определить каскад, в котором она произошла.

Вот пример: приема радиостанций нет на всех диапазонах, но измерения показали, что напряжения на электродах ламп нормальные, а проигрывание пластинки с помощью звукоснимателя позволило сделать заключение о хорошей работе усилителя низкой частоты и громкоговорителя.

В этом случае надо прежде всего проверить, работает ли гетеродин — ведь если он не работает, то прием отсутствует при нормальной работе всех остальных каскадов приемника. Но предположим, что ламповый вольтметр или резонансный индикатор показали наличие генерации гетеродина. Если подключение антенны непосредственно к управляющей сетке лампы смесителя не вернуло приемнику работоспособность, то надо предположить, что неисправность где-то в детекторе или в усилителе промежуточной частоты. Предположим, что через детектор сигнал проходит, через второй каскад усилителя промежуточной частоты тоже проходит, а вот через первый каскад этого усилителя не проходит. Значит, неисправность именно в этом каскаде. Но ведь мы еще раньше убедились, что напряжения на электродах ламп нормальные и сама лампа исправна!

Внимательно рассмотрите монтаж: нет ли замыканий в схеме этого каскада, обрывов. Если ничего не заметите, то подайте на вход каскада сигнал от высокочастотного генератора, установив его выходное напряжение максимальным, и попробуйте изменять его частоту в пределах $\pm 50 \div 100$ *кгц* от частоты 465 *кгц*, причем детектор присоедините к выходу этого каскада, исключив тем самым второй каскад усилителя. И может оказаться, что при изменении частоты генератора вы услышите в громкоговорителе приемника тон модуляции генератора, но не на частоте 465 *кгц*, а на совершенно другой, например на более высокой. Это укажет, что неисправность находится в контурах фильтра промежуточной частоты этого каскада: вероятнее всего, отсоединился один из конденсаторов, подключенных параллельно катушке индуктивности контура. Снимите экран с этого фильтра, проверьте соединения. Если с конденсаторами все в порядке, установите экран на место и

попробуйте вращением сердечников контуров настроить фильтр на частоту 465 *кгц*. Если это не удастся, то останется предположить, что произошло замыкание витков обмоток контура фильтра промежуточной частоты.

Приемник работает, но плохо. Рассмотрим пример плохой работы приемника: приемник на всех диапазонах принимает только местные радиостанции, а дальние не слышны совсем. Размышляя над таким симптомом болезни, надо сделать вывод, что нельзя винить в этом усилитель низкой частоты: если бы он плохо работал, т. е. не развивал достаточную мощность, то и местные, и дальние радиостанции были бы слышны, но тихо. На всякий случай можно, конечно, проверить работу усилителя и удостовериться, что все в порядке. Остается предположить, что мы имеем дело с резким уменьшением чувствительности приемника.

Причин уменьшения чувствительности может быть несколько: уменьшился коэффициент усиления УВЧ или УПЧ в результате неисправности какой-либо лампы или транзистора, расстройки фильтров промежуточной частоты, нарушения сопряжения настроек контуров гетеродина и контуров тракта принимаемого сигнала. Анализируя эти возможные причины уменьшения чувствительности приемника, надо прийти к выводу, что нарушение сопряжения настроек контуров сразу на всех диапазонах вряд ли возможно, поэтому пока исключим эту причину. Нарушение работы амплитудного детектора происходит крайне редко, тем более это сомнительно в данном случае, ибо местные радиостанции звучат без искажений.

Остается проверить лампы и их режимы. Однако это дело кропотливое, поэтому лучше сначала проверить настройку фильтров промежуточной частоты, так как достаточно даже небольшой расстройки контуров этих фильтров, чтобы чувствительность приемника очень резко снизилась. Для проверки поступим так же, как это было описано ранее (см. стр. 367). Если при этом громкость тона модуляции возрастет, то налицо расстройка фильтров. В этом случае надо произвести тщательную настройку УПЧ. Если же фильтры окажутся настроенными правильно, то придется проверить лампы и режимы усилителя высокой частоты, преобразователя и усилителя промежуточной частоты. Наконец, если и тут окажется все в порядке, то надо проверить сопряжение настроек контуров гетеродина с контурами тракта принимаемой частоты.

Припомнив все примеры, которые мы разобрали, можно сделать заключение: как бы ни были различны неисправности и причины, их вызвавшие, метод их поиска всегда один и тот же — анализ возможного места нахождения данной неисправности с точки зрения работы приемника в целом (неисправность находится в высокочастотной или низкочастотной части), обнаружение неисправного блока или каскада путем исключения или замены, а также путем проверки прохождения сигнала измерительными приборами (замена блоков и проверка должны идти последовательно, начиная с конца блок-схемы приемника) и, наконец, поиск неисправности или неисправной цепи в обнаруженном блоке.

Проверим усилитель низкой частоты

Усилитель низкой частоты — это один из ответственнейших блоков радиоприемника, от работы которого во многом зависит качество воспроизведения передачи.

Проверку работоспособности усилителя начинают с громкоговорителя, затем проверяют выходной трансформатор, выходной каскад и, наконец, каскад или каскады предварительного усиления. Словом, проверку ведут от конца к началу. Громкоговоритель, а также выходной трансформатор проверяют при помощи омметра: подключают омметр к выводам звуковой катушки громкоговорителя и по отклонению стрелки омметра убеждаются, что звуковая катушка исправна. Правда, такой способ проверки позволяет лишь приближенно судить о качестве и работоспособности громкоговорителя. Лучше подключить громкоговоритель к трансляционной сети и прослушать

его работу, обратив внимание на качество звуковоспроизведения. Если трансляционной сети нет, то можно подключить громкоговоритель к гнездам «Внешний громкоговоритель» какого-либо заведомо исправного радиоприемника, проигрывателя и т. п.

Проверка выходного трансформатора с помощью омметра позволяет составить лишь общее представление о его исправности, так как невозможно определить, есть ли в обмотках короткозамкнутые витки. Более полное представление о качестве трансформатора можно получить при его работе в усилителе.

Если громкоговоритель и выходной трансформатор исправны, а усилитель не работает, то надо определить, какой каскад неисправен, о чем уже было рассказано. После обнаружения неисправного каскада путем измерения режима и сопротивлений цепей находят и устраняют неисправность.

Нет ли самовозбуждения? Однако далеко не всегда неисправность состоит в сгоревшем резисторе или оборванном проводе. Одна из наиболее серьезных неисправностей — самовозбуждение всего усилителя или одного из каскадов. Оно может возникнуть на звуковых частотах и выражаться в свистах различной высоты, прерывистом звуке и т. п. Но самовозбуждение может возникать и на ультразвуковых частотах, не слышимых ухом. Однако не надо думать, что самовозбуждение на этих частотах безвредно — оно является причиной различных хрипов и дребезжаний. Заметим, что часто самовозбуждение возникает только при максимальном усилении или определенном положении регуляторов тембра.

Для обнаружения самовозбуждения вольтметр переменного напряжения подключают параллельно звуковой катушке громкоговорителя: при самовозбуждении усилителя вольтметр покажет некоторое переменное напряжение, значительно большее нормального переменного напряжения, которое имеет место на выходе несамовозбуждающегося усилителя — напряжение фона переменного тока. Обнаружить самовозбуждение можно и при помощи вольтметра постоянного напряжения, подключив его параллельно резистору автоматического смещения выходной лампы. Если замкнуть управляющую сетку этой лампы на землю, то при наличии самовозбуждения напряжение, показываемое этим вольтметром, резко уменьшится. Наконец, индикатором самовозбуждения может служить миллиамперметр, включенный в цепь анодного или коллекторного питания усилителя. При наличии самовозбуждения прибор покажет значительно больший ток, чем ток покоя, когда на вход усилителя не подается напряжение сигнала.

Чтобы быть абсолютно уверенным, что причина самовозбуждения усилителя низкой частоты находится в самом усилителе, надо при проверке замкнуть его вход. Если же это не сделано, то может оказаться, что усилитель не самовозбуждается, а отмеченное на его выходе переменное напряжение, принятое за напряжение самовозбуждения, в действительности наводится на его вход и является напряжением самовозбуждения предыдущих каскадов приемника, например усилителя промежуточной частоты. Если обнаружен именно такой случай, т. е. при замыкании входа усилителя самовозбуждение исчезает, то надо проверить, действительно ли причина самовозбуждения находится вне усилителя низкой частоты.

Поэтому правильнее вообще отключить усилитель низкой частоты от детектора, а еще лучше — исключить возможность появления самовозбуждения в других блоках приемника, например, сняв анодное напряжение с усилителя промежуточной частоты и преобразователя.

Но виновниками самовозбуждения могут быть не только неудачное расположение деталей или нерасчетливо расположенные соединительные провода. Многие схемы усилителей как бы предрасположены к самовозбуждению. Например, стремясь уменьшить количество ламп или транзисторов, увеличивают коэффициент усиления каскадов, а отсюда — легкость самовозбуждения таких схем. Чтобы уберечь их от этого, конструкторы включают конденсаторы между шасси и анодной цепью предоконечного каскада или сеточной цепью выходного каскада, или параллельно первичной обмотке

выходного трансформатора, или, наконец, между анодом выходной лампы и шасси — все это ради сужения полосы пропускания со стороны верхних частот. При обрыве этих конденсаторов может возникнуть самовозбуждение на верхних звуковых или ультразвуковых частотах. Кстати, самовозбуждение на ультразвуковых частотах проявляется в виде нелинейных искажений, поэтому обнаружить его без измерительных приборов довольно трудно. Для обнаружения надо подключить вольтметр к аноду лампы предварительного каскада, а управляющую сетку этого каскада соединить с шасси через конденсатор емкостью 0,01 *мкф*. Если в момент включения конденсатора напряжение изменится, то это сигнализирует о наличии самовозбуждения. Самовозбуждение на этих частотах возможно и за счет электромагнитных паразитных обратных связей, если выводы ламп (анода и сетки) имеют заметную индуктивность и емкость; это возможно у выходной лампы. Наличие таких паразитных колебаний можно обнаружить, например, при помощи неоновой лампочки, прикоснувшись ее контактами к выводам выходной лампы, — при наличии генерации лампочка светится.

Для подавления таких колебаний в выходных каскадах используются те же методы предотвращения самовозбуждения на высоких частотах, о которых мы говорили выше. В двухтактных оконечных каскадах, кроме шунтирования конденсаторами каждой половины первичной обмотки выходного трансформатора, в анодные цепи обеих ламп включают небольшие безындукционные резисторы сопротивлением 20—100 *ом*, ухудшающие добротность паразитных контуров, образованных индуктивностями выводов. Для этой же цели включают резисторы сопротивлением 1—10 *ком* в цепь управляющих сеток ламп.

Самовозбуждение возникает и в результате паразитных обратных связей через источник питания. Анодные или коллекторные токи, проходя через источник питания, создают на его внутреннем сопротивлении падение напряжения переменной составляющей. Это переменное напряжение в виде напряжения обратной связи попадает через разделительные конденсаторы во входные цепи каскадов и тем самым приводит к самовозбуждению. При этом переменное напряжение обратной связи тем больше, чем значительнее внутреннее сопротивление источника питания, так как чем больше это сопротивление, тем значительнее падение напряжения на нем. Внутреннее сопротивление источника питания для переменного тока тем меньше, чем больше емкость выходного электролитического конденсатора фильтра выпрямителя. При уменьшении его емкости, например, из-за высыхания электролита, внутреннее сопротивление источника питания возрастает, особенно на низких частотах. В результате возникает самовозбуждение в виде характерного «моторного шума», «капания», словом, звука низкого тона. Если подключить к выходу выпрямителя исправный электролитический конденсатор, то самовозбуждение прекратится. Для предотвращения самовозбуждения такого рода в цепь питания анода включают развязывающий фильтр R_4C_2 (рис. 3). Обрыв конденсатора такого фильтра может привести к низкочастотной генерации.

Частотных искажений не должно быть! После устранения самовозбуждения переходят к общей оценке качества работы усилителя. Для этого можно прослушать воспроизведение хорошей грампластинки, но лучше снять частотную характеристику усилителя. Ее снимают при помощи вольтметра переменного напряжения, подсоединенного к выходу усилителя (см. рис. 3). Эта характеристика позволяет судить о том, насколько равномерно усиливаются колебания различных частот. Характеристика должна быть достаточно линейной, т. е. уменьшение усиления на краях звукового диапазона по сравнению с усилением на средних частотах не должно быть значительнее, чем это предусматривается параметрами приемника. Сильный завал низших частот может произойти вследствие малых значений емкости переходных и блокировочных конденсаторов и малой индуктивности первичной обмотки выходного трансформатора.

Причиной завала высших частот могут быть большая емкость конденсатора, шунтирующего анод выходной лампы (коллектор транзистора) или

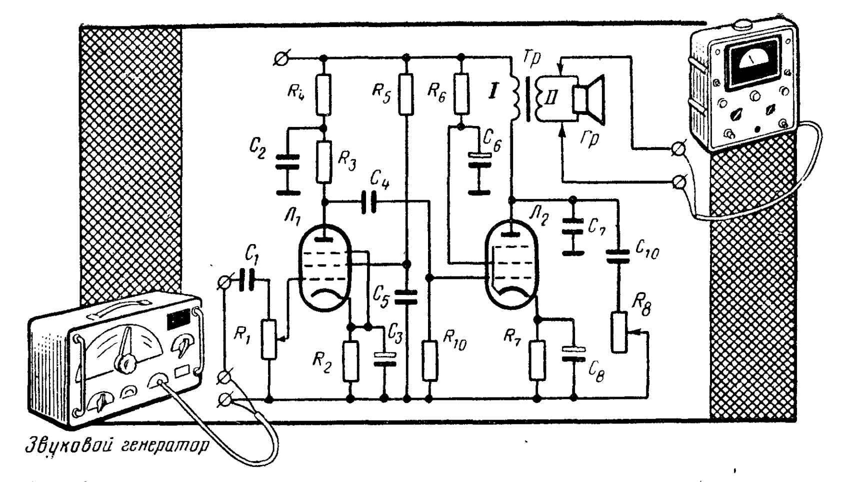


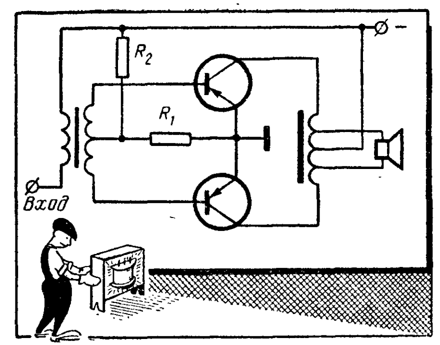
Рис. 3.

первичную обмотку выходного трансформатора на землю, а также большая взаимоиндуктивность между обмотками выходного трансформатора.

Если окажется, что необходимо исправить частотную характеристику усилителя низкой частоты заводского приемника, то не следует сразу менять номиналы конденсаторов и резисторов. Надо помнить, что приемник, выйдя с завода-изготовителя, имел нормальную форму частотной характеристики этого усилителя. Поэтому надо обнаружить причину искажения формы характеристики, причем для этого полезно снять характеристики отдельных каскадов — это сразу подскажет, в каком каскаде искать неисправность. Надо тщательно проверить монтаж и особенно цепи частотнозависимой обратной связи. Обязательно надо проверить режим ламп и транзисторов, а также сами лампы и транзисторы, заменить выходной и согласующий трансформаторы и только после этого приступать к исправлению формы частотной характеристики путем подбора номиналов деталей или введением дополнительных цепей. Очень большое влияние на форму частотной характеристики оказывает отрицательная обратная связь, специально создаваемая в усилителе низкой частоты. Часто напряжение этой связи снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора, причем неправильное подключение концов цепи обратной связи к концам вторичной обмотки трансформатора может превратить отрицательную обратную связь в положительную, что не только исказит форму частотной характеристики, но и вызовет самовозбуждение. Впрочем, появление самовозбуждения не обязательно, поэтому даже если его нет, но значительно искажены формы частотной характеристики, надо проверить полярность обратной связи.

Делают это следующим образом: на вход усилителя подают напряжение с частотой 1 000 *гц* и такой величины, чтобы выходное напряжение усилителя было примерно вдвое меньше нормального. Затем замыкают резистор в цепи обратной связи и наблюдают за показаниями индикатора выхода. Если напряжение на выходе усилителя увеличится, то полярность обратной связи правильная, т. е. связь отрицательная, а если, наоборот, выходное напряжение уменьшится, то надо поменять местами концы вторичной обмотки выходного трансформатора.

Нелинейные искажения тоже неприятны. Большое значение для работы усилителя, особенно при максимальном усилении, имеют нелинейные искажения. Их величина оценивается так называемым коэффициентом нелинейных искажений, измеряемым специальным прибором, но можно оценить эти искажения и при помощи осциллографа. Для этого на вход усилителя



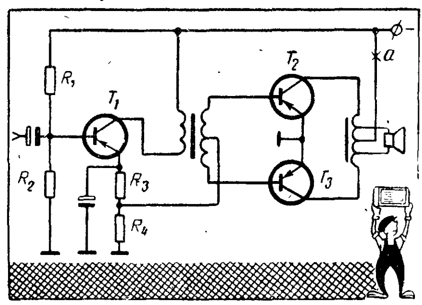


Рис. 4. Рис. 5.

от звукового генератора подают сигнал такой величины, чтобы выходное напряжение усилителя было равно номинальному. Вход осциллографа подключают к различным точкам схемы испытываемого усилителя и наблюдают за формой сигнала. Искажения синусоидального сигнала при коэффициенте нелинейных искажений 5—7% на глаз практически незаметны, не ощущаются они и на слух, поэтому надо так наладить усилитель, чтобы искажения сигнала были лишь едва заметны на экране осциллографа. Величина нелинейных искажений во многом зависит от режимов ламп и транзисторов. При значительных нелинейных искажениях надо проверить исправность ламп и транзисторов и их режимы, особенно напряжение смещения, которое определяет положение рабочей точки на характеристике.

Основным источником нелинейных искажений является выходной каскад вместе с выходным трансформатором. Если выходной каскад двухтактный, то вначале надо наладить инверсный каскад, для чего на его вход подают напряжение частотой 1 000 *гц* такой величины, чтобы на выходах инверсного каскада появилось напряжение, необходимое для нормальной работы ламп или транзисторов выходного каскада. Разница между напряжениями на управляющих сетках ламп или базах транзисторов выходного каскада не должна быть более 2—5%, иначе нелинейные искажения будут большими. Если эта разность значительно больше, то надо подобрать сопротивление одного из резисторов нагрузки инвертора. Желательно также при помощи осциллографа убедиться, что инверсный каскад при напряжении на его выходе, равном номинальному (при таком напряжении выходной каскад развивает номинальную мощность), не создает искажений, например ограничения усиливаемого сигнала.

Если инверсный каскад работает нормально, можно переходить к налаживанию оконечного двухтактного каскада. Имейте в виду, что двухтактный каскад будет работать с небольшими нелинейными искажениями только при хорошей симметрии его плеч как по переменному, так и по постоянному току. Разбаланс каскада по постоянному току увеличивает нелинейные искажения, а также частотные искажения в области низших частот — от 150 *гц* и ниже, а несимметрия плеч по переменному току увеличивает искажения во всей полосе частот. Следует заметить, что каскад, сбалансированный по постоянному току, не обязательно окажется сбалансированным и по переменному току, но так как искажения, вызванные разбалансировкой по постоянному току, значительно труднее устранить, то более желательна балансировка по постоянному току. Собственно говоря, суть балансировки заключается в том, чтобы добиться равенства анодных (или коллекторных) токов покоя ламп обеих половин схемы. Так как эти токи противоположны по направлению (см. рис. 4 и 5), то при их равенстве постоянная составляющая подмагничивания сердечника выходного трансформатора

отсутствует, а это совершенно необходимо для неискаженной работы двухтактного каскада.

Обычно балансировку можно произвести только подбором ламп или транзисторов. Для этого параллельно первичной обмотке выходного трансформатора включают вольтметр постоянного тока с пределом измерения в несколько вольт. Затем подбором ламп или транзисторов добиваются минимальных показаний вольтметра (в идеальном случае вольтметр должен давать нулевые показания). Если подбором ламп или транзисторов не удается достигнуть полной симметрии, то между катодами ламп включают потенциометр, движок которого устанавливают в такое положение, при котором напряжение между анодами ламп или коллекторами транзисторов равно нулю. Но надо иметь в виду, что подобным способом каскад можно сбалансировать только в том случае, если все параметры плеч каскада совершенно одинаковы; это относится и к выходному трансформатору, у которого обе половины первичной обмотки должны быть совершенно одинаковы и иметь равные активные сопротивления. Если этого нет, то балансировку надо производить по равенству показаний миллиамперметров, включенных в анодные или коллекторные цепи.

Как избавиться от фона переменного тока? Фон переменного тока — это часто встречающаяся неисправность ламповых приемников. Для устранения фона надо определить, возникает ли он в усилителе низкой частоты или напряжение с частотой фонда попадает на вход усилителя в результате паразитных связей, например, с трансформатором питания или какими-нибудь другими цепями, по которым проходит переменный ток с частотой 50 *гц*.

Чтобы выяснить причину возникновения фона, замыкают вход усилителя — пропадание фона или хотя бы значительное его уменьшение будут свидетельствовать о наводке фона на вход усилителя. Надо отыскать источник такой наводки, им может быть идущий к регулятору громкости провод, который расположен рядом с проводами, подающими напряжение питания накала ламп. Возможно, окажется нарушенной экранировка входных цепей и т. п.

Если фон при замыкании входа усилителя не исчезает, значит, он возникает в самом усилителе. Фон может возникнуть вследствие недостаточной фильтрации анодного напряжения (тогда надо заменить конденсаторы фильтра выпрямителя) из-за наводок от цепей накала ламп или других цепей питания на сеточные цепи ламп. Для этого надо на несколько секунд отключить провода, подводящие напряжение накала, от обмотки трансформатора. Если при этом фон пропадет (сразу после отключения), то виноваты цепи накала и надо отыскать место, в котором имеется паразитная связь с сеточными цепями. Возможно также, что причина наводок в неудачном выборе точки заземления цепи накала или вообще в отсутствии заземления этой точки. В этом случае надо прежде всего определить, в каком каскаде усилителя происходит наводка. Для этого поочередно замыкают на землю управляющие сетки ламп, начиная с лампы входного каскада. Найдя лампу, при замыкании управляющей сетки которой фон исчезает, можно предположить, что именно в этом каскаде происходит наводка. При этом надо выяснить, попадает ли фон на сетку лампы этого каскада из анодных цепей ламп предыдущих каскадов или же он возникает из-за наводок на детали или провода сеточных цепей этого каскада. Если при кратковременном замыкании анода лампы предыдущего каскада на землю (в аноде лампы каскада предварительного усиления обычно включен резистор сопротивлением около 0,1 *Мом* и замыкание анода на землю на 1—2 *сек* не опасно) фон исчезнет, то в эту анодную цепь надо включить развязывающий фильтр, состоящий из резистора сопротивлением 50 *ком* и конденсатора емкостью 5—10 *мкф*. Если же при замыкании анода лампы предыдущего каскада на землю фон не исчезает, то это свидетельствует о том, что наводка происходит непосредственно на сеточную цепь следующего за ним каскада, и надо изменить расположение деталей и проводников этой цепи относительно проводов накальных цепей трансформатора питания или даже применить экранировку.

Иногда значительный фон вызывается неисправностью выходной лампы, которая отличается повышенным уровнем фона, в то время как все остальные ее параметры не изменяются и звуковоспроизведение усилителя хорошее. Такую лампу надо заменить. Возможно также и замыкание витков обмотки дросселя выпрямителя, проверить это можно только заменой дросселя.

Теперь надо настроить детектор

Современные радиоприемники имеют два детектора: для приема радиостанций с амплитудной модуляцией (АМ) и для приема радиостанций с частотной модуляцией (ЧМ). Первый детектор — обычно простой диодный, который практически не нуждается в налаживании, а ремонт его заключается только в проверке монтажа и диода. Чтобы проверить его работу, поступают следующим образом. От высокочастотного генератора через конденсатор емкостью 100—200 *пф* к контуру последнего фильтра промежуточной частоты подают сигнал промежуточной частоты, модулированный с частотой 1 000 *гц* и глубиной 30%. Несколько изменяя частоту генератора около значения 465 *кгц* (подключение генератора сдвигает настройку фильтра в сторону более низких частот), добиваются слышимости тона модуляции в громкоговорителе приемника. Если тон модуляции слышен, то значит детектор работает.

Частотный детектор требует более тщательной проверки и настройки. Их производят с помощью высокочастотного генератора, выход которого через конденсатор присоединяют к управляющей сетке последней лампы (или базе транзистора) усилителя промежуточной частоты. Генератор настраивают на номинальную промежуточную частоту (8,4 или 6,5 *Мгц*). В качестве индикатора настройки лучше всего применить ламповый вольтметр постоянного тока со шкалой 1—3 *в*. При настройке детектора, работающего по симметричной схеме, вольтметр включают так, как показано на рис. 6, *а*; при настройке же детектора, собранного по несимметричной схеме, параллельно выходу детектора подключают два резистора по 0,15 *Мом*, сопротивления которых не должны отличаться друг от друга более чем на $\pm 1\%$ (рис. 6, *б*). Для настройки контура L_1C_1 вольтметр подключают параллельно нагрузочному резистору R_1, а для настройки контура L_2C_2 — одним концом к выходу низкой частоты, другим — к общей точке соединения двух дополнительных резисторов.

Настройку начинают с контура L_2C_2, вольтметр подключают к нагрузке детектора (на рис. 6 это положение отмечено «Настройка L_2»). Вращая подстроечный сердечник катушки L_2, добиваются, чтобы стрелка вольтметра установилась на нуль шкалы. Замечу, что для получения нулевых показаний вольтметра часто приходится подбирать положение резистора R_1 (рис. 6). Затем надо включить вольтметр так, как показано на рис. 6 для «Настройки L_1», и настраивать контур L_1C_1 по наибольшему отклонению стрелки вольтметра. Естественно, что высокочастотный генератор должен быть настроен на номинальную промежуточную частоту, на которую настроены все остальные фильтры промежуточной частоты ЧМ канала.

Затем, не изменяя точек подключения высокочастотного генератора и вольтметра, изменяют частоту генератора относительно номинальной промежуточной частоты в пределах ± 150 *кгц* и записывают показания вольтметра через каждые 20 *кгц*. По полученным данным строят частотную характеристику детектора. Работу детектора можно считать нормальной, если характеристика имеет симметричный вид, прямолинейный участок шириной 150—200 *кгц* и при расстройке генератора на ± 100 *кгц* постоянное напряжение на выходе детектора составляет не менее 0,5 *в*.

В заключение проверяют, как в детекторе подавляется паразитная амплитудная модуляция. Подключение высокочастотного генератора при этом остается прежним — он подключен к входу последнего каскада усилителя промежуточной частоты. Сигнал генератора должен быть модулирован частотой 1 000 *гц*, глубина модуляции 30%. Регулятор громкости приемника

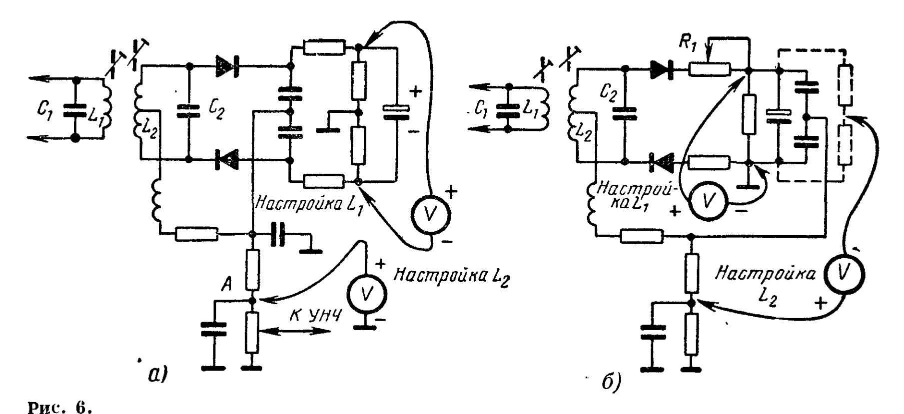


Рис. 6.

устанавливают на максимум и регулировкой резистора R_1 (рис. 6) добиваются минимальной громкости тона модуляции в громкоговорителе приемника. Такую регулировку надо произвести как на номинальной промежуточной частоте, так и при расстройке на ±50 *кгц*. Если окажется, что минимумы громкости тона модуляции получаются при разных значениях сопротивления этого резистора, то надо предпочесть минимум при расстройке, а не на промежуточной частоте.

Замечу, что ЧМ детектор удобно настраивать с помощью ЧМ генератора — прибора типа Х1-3М для настройки телевизоров. Об этом подробно написано на стр. 482 этой книги.

Очень важно хорошо наладить УПЧ

Коэффициентом усиления этого усилителя в основном определяется чувствительность супергетеродинного приемника; частотная же характеристика усилителя промежуточной частоты определяет избирательные свойства приемника по соседнему каналу и полосу пропускаемых им частот. Таким образом, от работы этого усилителя зависят такие важные параметры приемника, как чувствительность, избирательность и качество воспроизведения радиопередачи.

Так как УПЧ обладает большим коэффициентом усиления, то он весьма склонен к самовозбуждению. Поэтому при налаживании и ремонте приемника после проверки работоспособности УПЧ (о чем мы уже говорили) прежде всего надо убедиться, что усилитель не самовозбуждается. Для этого на выходе усилителя низкой частоты приемника включают вольтметр переменного напряжения со шкалой в несколько вольт. Регулятор громкости приемника устанавливают на максимум и наблюдают за положением стрелки вольтметра. Если усилитель промежуточной частоты самовозбуждается, то стрелка колеблется. В громкоговорителе приемника при этом могут быть слышны свисты меняющегося тона (при подключении антенны к управляющей сетке смесителя) или сильное шипение. Конечно, при такой проверке должна быть полная уверенность в нормальной работе усилителя низкой частоты. Чтобы убедиться, что самовозбуждается именно усилитель промежуточной частоты, надо отключить от него детектор — колебания стрелки и свисты должны прекратиться.

Другим индикатором самовозбуждения усилителя промежуточной частоты может служить миллиамперметр, включенный между сопротивлением анодной нагрузки последней лампы этого усилителя и плюсом анодного питания (или между коллекторной нагрузкой в транзисторном усилителе

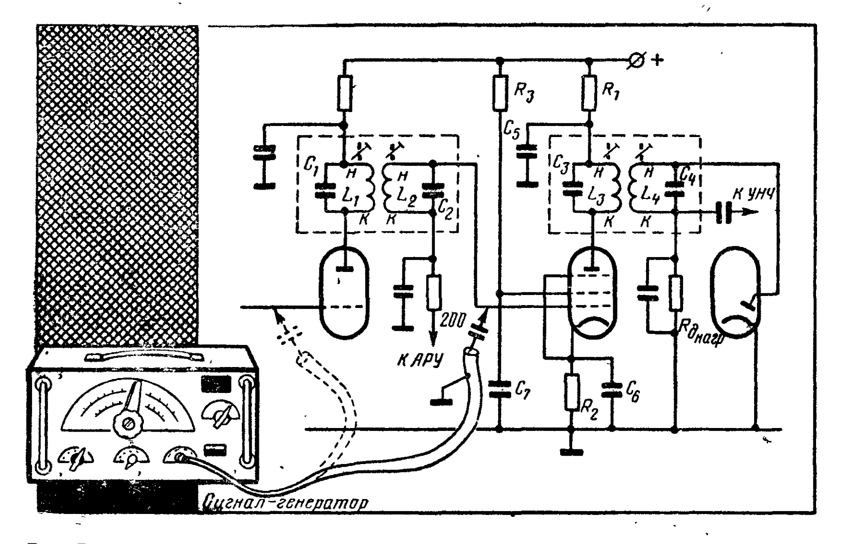


Рис. 7.

и минусом питания). Миллиамперметр надо шунтировать на землю конденсатором емкостью 0,1 *мкф*, включив его между шасси и выводом миллиамперметра, присоединенным к резистору нагрузки последнего каскада. Признаком самовозбуждения усилителя будет изменение показаний миллиамперметра при замыкании накоротко контура промежуточной частоты в цепи управляющих сеток ламп усилителя; если усилитель многокаскадный, то замыкать на землю управляющие сетки ламп надо последовательно, начиная с первой.

В транзисторном приемнике индикатором самовозбуждения усилителя промежуточной частоты может служить милливольтметр, подключенный параллельно выходу этого усилителя, при отсутствии самовозбуждения выходное напряжение усилителя будет в пределах 2—5 *мв*, а при наличии самовозбуждения много больше, и стрелка будет колебаться.

Впрочем, стрелка индикатора будет заметно колебаться или показания вольтметра резко изменятся в том случае, если прикоснуться к цепи, виновной в возникновении самовозбуждения; кстати, это позволяет легко отыскать такую цепь. Для этого рекомендуется палочкой из изоляционного материала слегка изменять положение сеточных и анодных (базовых и коллекторных) цепей, отодвигая их друг от друга и наблюдая при этом за показаниями индикатора. Если они изменяются, это служит признаком, что данная деталь или провод участвуют в цепи паразитной связи, способствующей возникновению самовозбуждения. Надо также обязательно проверить, хорошо ли заземлены экраны фильтров промежуточной частоты, и тщательно установить режим ламп и транзисторов.

Чаще всего самовозбуждение усилителя может возникнуть в результате обратной связи через источник питания. Для устранения этой связи в анодную цепь усилителя включают фильтр, состоящий из резистора R_1 (см. рис. 7) сопротивлением 2—5 *ком* и конденсатора C_5 емкостью до 0,1 *мкф*. Если усилитель многокаскадный, то такие фильтры необходимо включить в анодные цепи всех каскадов. Если это не дает желаемого результата, то для устранения самовозбуждения в сеточную или анодную цепь лампы следует включить антипаразитное сопротивление 100—500 *ом* или 0,5—2,5 *ком* соответственно. Наконец, можно в цепь катода лампы включить резистор сопротивлением 20—70 *ом* и не шунтировать его емкостью. Возникающая при этом отрицательная обратная связь по току уменьшает усиление каскада и увеличивает устойчивость его работы.

Как же настраивают УПЧ? Настройку усилителя начинают только после того, как он начнет работать без самовозбуждения. Перед началом настройки надо прекратить работу гетеродина, шунтировав контур гетеродина конденсатором большой емкости; можно также настроить приемник на минимальную частоту длинноволнового диапазона — подальше от промежуточной частоты. Настройка усилителя промежуточной частоты заключается не только в настройке его контуров на номинальную промежуточную частоту, но также в получении необходимой полосы пропускания, что зависит от формы резонансной кривой этого усилителя. Как всегда, настройка усилителя начинается с последнего каскада. Выход высокочастотного генератора через конденсатор емкостью 200 *пф* подключают к входу последнего каскада. Если на выходе усилителя включен трансформатор промежуточной частоты, то контур в анодной цепи лампы шунтируют резистором сопротивлением 30—50 *ком* (в коллекторной цепи 1—3 *ком*). При связи между контурами трансформатора промежуточной частоты меньше критической общая резонансная кривая будет одногорбой и настройку можно вести по максимуму выходного напряжения без шунтирования остальных контуров. При связи между контурами больше критической резонансная кривая становится двугорбой с провалом на резонансной частоте — такой трансформатор нельзя настраивать по максимуму выходного напряжения. В этом случае при настройке одного из контуров другой контур трансформатора шунтируют резистором. В результате резонансные свойства этого контура притупляются и двугорбая резонансная кривая превращается в одногорбую, что позволяет настраивать трансформатор по максимуму выходного напряжения.

Итак, начнем настройку. Генератор настраивают на промежуточную частоту и увеличивают его выходное напряжение до тех пор, пока в громкоговорителе приемника не будет услышан тон модуляции или вольтметр переменного напряжения на выходе усилителя низкой частоты не даст хорошо заметные отклонения (регулятор громкости при этом должен быть в положении максимальной громкости). В качестве индикатора можно также применить вольтметр постоянного напряжения, включенный параллельно нагрузке детектора, — в этом случае частота высокочастотного генератора может быть немодулированной. Если полоса пропускания усилителя промежуточной частоты регулируется, то настройку надо вести при узкой полосе. Автоматическую регулировку усиления следует отключить, так как она, притупляя настройку, затрудняет определение момента резонанса. Для этого замыкают конденсаторы в цепи АРУ.

Современные фильтры промежуточной частоты настраиваются высокочастотными ферромагнитными сердечниками. При настройке вращают сердечник катушки контура и следят за показаниями индикатора. Если, например, ввертывание сердечника вызывает уменьшение громкости, то сердечник надо вращать в другую сторону. Правильная настройка контура будет в том случае, когда вращение сердечника в обе стороны от некоторого положения будет вызывать уменьшение показаний индикатора или уменьшение громкости тона модуляции. Возможен случай, когда изменением положения сердечника не удастся настроиться в резонанс с частотой генератора. Например, громкость тона модуляции увеличивается до полного вывертывания сердечника. Это означает, что велика индуктивность катушки фильтра. Следовательно, надо уменьшить емкость конденсатора, включенного параллельно этой катушке. Однако надо предупредить, что такое уменьшение емкости конденсатора должно быть не более чем на 10—20 *пф*, так как от величины его емкости во многом зависит устойчивость работы этого усилителя. Поэтому, если незначительное уменьшение емкости конденсатора не позволило настроить контур на номинальную промежуточную частоту, надо отмотать некоторое количество витков катушки. И наоборот, если громкость тона модуляции продолжает увеличиваться до полного ввертывания сердечника, то надо либо увеличить емкость конденсатора, либо добавить витки.

При коротком замыкании витков катушки или сильной расстройки контура уровень сигнала на выходе приемника не зависит от регулировки

сердечника. В этом случае все контуры промежуточной частоты шунтируют резисторами сопротивлением 30—50 *ком*, оставляя незашунтированным только проверяемый контур. Изменяя частоту генератора, находят по индикатору выхода резонансную частоту этого контура. Если она окажется выше номинальной промежуточной частоты, то увеличивают число витков катушки, и наоборот. При замыкании витков в катушке резонанс будет выражен очень слабо, так как добротность такой катушки весьма мала.

Когда детекторный контур промежуточной частоты окажется настроенным, его шунтируют резистором, отключают шунт от контура в цепи анода лампы (или в цепи коллектора транзистора) и настраивают этот контур на промежуточную частоту по максимуму показаний индикатора.

Таким же образом настраивают контуры остальных каскадов усилителя. Последним настраивают контур в цепи смесителя; при этом напряжение генератора подают на вход смесителя.

Фильтр сосредоточенной селекции настраивают следующим образом. На вход каскада, в который включен фильтр (обычно ФСС включают между смесителем и первым каскадом усилителя промежуточной частоты), подают сигнал от высокочастотного генератора. Параллельно первому контуру через конденсатор емкостью, не превышающей 5% емкости контурного конденсатора, подключают ламповый вольтметр; шунтирующие резисторы, если они есть, отключают. Далее замыкают накоротко перемычкой второй контур и настраивают первый по максимуму показаний вольтметра. Каждый нечетный контур настраивают на максимум, а четный — на минимум показаний вольтметра. При настройке последнего контура перемычкой не пользуются.

Когда все контуры усилителя промежуточной частоты настроены, снимают резонансную характеристику этого усилителя. Она может быть одногорбая, двугорбая. Впадина между горбами не должна быть ниже уровня 0,7. Если глубина впадины большая, то это означает, что связь между контурами в трансформаторах промежуточной частоты значительно больше оптимальной и ее следует уменьшить, т. е. отодвинуть катушки одну от другой.

Однако на ширину полосы пропускания влияет также добротность контуров: чем выше добротность, тем уже полоса. Если необходимо расширить полосу, а это не удается достигнуть соответствующим выбором связи или небольшой взаимной расстройкой контуров, то надо снизить их добротность, шунтировав катушки индуктивности резисторами сопротивлением 20—100 *ком*. При настройке усилителя надо обратить внимание и на симметричность его резонансной характеристики. Асимметрия характеристики может возникнуть в результате неправильной настройки контуров, неодинаковой их добротности, а также паразитных обратных связей, вызывающих самовозбуждение усилителя. Поэтому в некоторых случаях требуется экранировать даже лампы или установить экраны между сеточными и анодными лепестками ламповых панелек. В трансформаторах промежуточной частоты следует попробовать поменять местами выводы сеточной или анодной катушки.

Если в усилителе промежуточной частоты имеются фильтры, работающие на промежуточной частоте ЧМ канала, то их настройка производится точно так же и в той же последовательности, как и настройка фильтров промежуточной частоты АМ канала. Полоса пропускания этих фильтров должна составлять 250—300 *кгц*. При этом надо особое внимание обратить на симметричность резонансной характеристики относительно значения номинальной промежуточной частоты (8,4 или 6,5 *Мгц*), так как нарушение симметричности приведет к возникновению нелинейных искажений.

Перейдем к преобразователю частоты

Преобразователь — это блок супергетеродинного приемника, в котором происходит преобразование принимаемого сигнала в сигнал промежуточной частоты. Преобразователь состоит из смесителя, в котором и происходит преобразование, и гетеродина — местного высокочастотного генератора.

Налаживание преобразователя начинают с гетеродина. Прежде всего надо проверить режим лампы или транзистора преобразователя или гетеродина, если он работает на отдельной лампе или транзисторе. Затем проверяют наличие генерации. Сделать это можно различными способами. Самый простой, хотя и не самый надежный, состоит в следующем. Регулятор громкости приемника ставят в положение наибольшей громкости и металлической отверткой замыкают выводы гетеродинной секции конденсатора переменной емкости настройки или выводы гетеродинной катушки. Если гетеродин работает, то срыв колебаний при замыкании вызовет в громкоговорителе приемника громкий щелчок. Если же генерация отсутствует, то вместо щелчка будут лишь слабые шорохи, похожие на те, которые слышны при касании отверткой любых металлических частей и шасси приемника. Можно прибегнуть и к помощи обычного вольтметра постоянного напряжения, подключив его параллельно нагрузке гетеродина. Если гетеродин работает, показания вольтметра при замыкании контура гетеродина увеличатся. Контур можно замкнуть проводником, но лучше шунтировать его конденсатором емкостью 0,01—0,1 *мкф*. Если нет измерительных приборов, работу гетеродина можно проверить при помощи оптического индикатора настройки налаживаемого приемника. Для этого гетеродинную сетку смесителя соединяют коротким проводником с отключенной от схемы сеткой индикатора через резистор сопротивлением 0,5—2 *Мом*. Нормальная работа гетеродина соответствует полному закрытию темного сектора индикатора. Изменение ширины темного сектора при изменении емкости конденсатора настройки гетеродина позволяет судить об амплитуде напряжения гетеродина в пределах диапазона. Наконец, проверить работу гетеродина можно при помощи высокочастотного лампового вольтметра, измерив напряжение генерации непосредственно на управляющей сетке лампы гетеродина, на его колебательном контуре или на гетеродинной сетке лампы смесителя. Если имеется гетеродинный или резонансный волномер, то с его помощью можно не только убедиться в наличии генерации, но и измерить ее частоту.

Обычно генерация отсутствует из-за обрывов или замыканий в схеме гетеродина. Однако если налаживается вновь собранная схема гетеродина, то причин отсутствия генерации много больше. При этом особое внимание надо обратить на включение катушки обратной связи: если катушки L_3 и L_4 (рис. 8) намотаны в одну сторону, то к управляющей сетке лампы и к аноду гетеродинной части лампы должны подключаться разные концы. Если схема гетеродина собрана правильно, а лампа гетеродина или транзистор заведомо исправны и режимы их нормальные, а генерации все же нет, то надо несколько повысить напряжение на аноде гетеродина, т. е. уменьшить сопротивление резистора R_2. Если это не даст результата, надо увеличить обратную связь, сблизив катушки или даже увеличив число витков катушки L_4. Однако это надо делать осторожно, так как сильная обратная связь приводит к увеличению гармоник гетеродина и к появлению дополнительных свистов и ложных настроек. Получив генерацию, надо проверить ее устойчивость в пределах диапазонов. Для этого вращают конденсатор настройки и следят за показаниями индикатора генерации: амплитуда напряжения генерации должна изменяться незначительно и нигде не должно быть срывов генерации. Если срывы существуют, их устраняют незначительными увеличениями анодного напряжения гетеродина или обратной связи. Вообще надо иметь в виду, что на высокочастотном конце диапазона напряжение генерации регулируют изменением сопротивления резистора, включенного последовательно в цепи сетки лампы гетеродина (на рис. 8 этот резистор показан пунктиром). Такой резистор включают и в случае паразитного возбуждения (перевозбуждения) гетеродина, определяемого по однотонному свисту в громкоговорителе приемника. Но включение такого резистора хотя и способствует повышению устойчивости работы гетеродина, все же снижает амплитуду сигнала.

На низкочастотном конце диапазона равномерной амплитуды напряжения генерации добиваются уменьшением сопротивления резистора R_1 утечки сетки. В трехточечной схеме гетеродина (рис. 8, *б*) для получения устой-

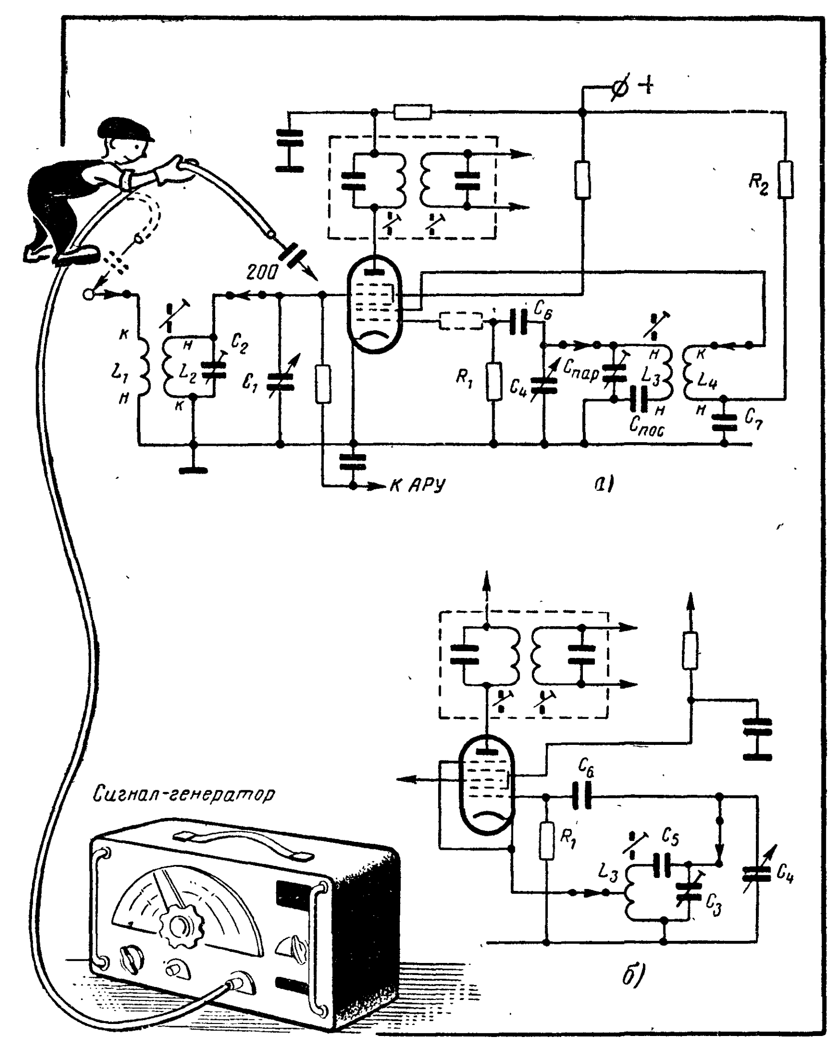


Рис. 8.

чивой генерации требуется очень тщательный подбор числа витков отвода катушки контура — величины обратной связи. Ориентировочно это число должно составлять на средневолновом и длинноволновом диапазонах 5—10% числа витков, считая от заземленного конца катушки, а не коротковолновом диапазоне 15—25%. Строго говоря, окончательно подбирать число витков отвода надо уже на работающем приемнике до получения наибольшей чувствительности.

В транзисторном приемнике проверить исправность гетеродина сложнее, чем в ламповом, так как амплитуда колебаний транзисторного гетеродина очень мала — доли вольта. Поэтому если нет достаточно чувствительного измерительного прибора, то нужно попытаться принять сигнал гетеродина на радиовещательный приемник — установить наличие приема сигнала

гетеродина можно по оптическому индикатору приемника. Если обнаружить генерацию не удастся, то следует предположить, что гетеродин не работает. Тогда надо перепробовать все те меры, которые рекомендовались для налаживания лампового гетеродина: проверить режим, поменять местами концы обмоток катушки обратной связи, увеличить связь и т. п. В преобразователях частоты, работающих с отдельным гетеродином, наладить гетеродин легче, чем в схеме, в которой функции смесителя и гетеродина совмещены в одном транзисторе. В схеме с отдельным гетеродином при правильном присоединении концов катушки связи к соответствующим точкам схемы гетеродин генерирует колебания достаточно синусоидальной формы и вполне устойчиво.

Надо заметить, что одним из условий нормальной работы гетеродина является степень его нагрузки смесителем, которая регулируется подбором количества витков катушки связи смесителя с контуром гетеродина или емкости конденсатора связи, а также подбором режима смесительного и гетеродинного каскадов по постоянному току. Ток транзистора гетеродина выбирают в пределах 0,5—1 *ма* по наличию устойчивых колебаний, а ток транзистора смесителя в пределах 0,3—0,7 *ма* по отсутствию самовозбуждения на частотах, близких к промежуточной, и максимальному усилению в режиме преобразования.

Если смеситель и гетеродин выполнены на одном транзисторе, то налаживание этого блока несколько затруднено, хотя принципы налаживания остаются те же, что и при работе с отдельным гетеродином. В случае возникновения генерации на частотах, близких к промежуточным, надо постепенно уменьшать ток коллектора транзистора до исчезновения самовозбуждения. При отсутствии генерации в конце какого-либо из диапазонов следует несколько увеличить количество витков катушки обратной связи с контуром гетеродина. При прерывистой генерации в начале диапазона следует уменьшить число витков этой катушки, причем уменьшать или увеличивать число витков следует не более чем на 1—2 витка, так как полное число витков этих катушек обычно не более 5—15. Если указанные меры окажутся недостаточными, можно последовательно с катушкой связи включить резистор сопротивлением 30—50 *ом*. Существенное значение в нормальной работе гетеродина имеет правильное включение концов катушки связи с входным контуром: надо попробовать поменять концы.

Налаживание смесителя сводится к проверке монтажа и устранению паразитной генерации, причем методы борьбы с нею те же, что и в усилителе промежуточной частоты. Иногда паразитная генерация в начале средневолнового или в конце длинноволнового диапазонов вызывается тем, что входные контуры этих диапазонов из-за неправильной настройки оказываются настроенными слишком близко к промежуточной частоте.

Внимание — сопряжение настроек! Вы, конечно, хорошо знаете, что такое сопряжение настроек контуров гетеродина и контуров на входе смесителя. Прежде всего надо выбрать частоты точного сопряжения $f_{\text{в}}$, $f_{\text{н}}$ и $f_{\text{ср}}$. Если вы ремонтируете заводской приемник, то внимательно рассмотрите его шкалу — на шкалах некоторых приемников отмечены частоты точного сопряжения. Очень важно выбрать те частоты точного сопряжения, которые были предусмотрены конструкторами данного приемника, так как в этом случае в процессе настройки не потребуется изменять данные контуров и емкости сопрягающих конденсаторов. Однако если никаких рекомендаций по выбору частот точного сопряжения обнаружить не удается, придется выбрать эти частоты самостоятельно:

$$f_{\text{в}} = f_{\text{ср}} + 0{,}43\,(f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}});$$

$$f_{\text{ср}} = \frac{f_{\text{мин}} + f_{\text{макс}}}{2};$$

$$f_{\text{н}} = f_{\text{ср}} - 0{,}43\,(f_{\text{макс}} - f_{\text{мин}}),$$

где $f_{\text{в}}$ — частота точного сопряжения на высокочастотном конце диапазона;

$f_{\text{н}}$ — частота точного сопряжения на низкочастотном конце;

$f_{ср}$ — частота точного сопряжения в середине диапазона;
$f_{макс}$ — максимальная частота диапазона;
$f_{мин}$ — минимальная частота диапазона.

«Распределение обязанностей» в контуре гетеродина следующее. Сопрягающий конденсатор $C_{пар}$ (см. рис. 8) оказывает наибольшее влияние на высокочастотном конце диапазона, поэтому с его помощью настраивают именно этот конец диапазона. При помощи конденсатора $C_{пос}$ настраивают низкочастотный конец диапазона, а изменяя индуктивность гетеродинного контура при помощи подстроечного сердечника, добиваются точного сопряжения в середине диапазона. Вначале надо уложить в диапазон высокочастотные входные контуры, настраиваемые на частоту принимаемого сигнала, т. е. привести их в соответствие с градуировкой шкалы приемника. Только после этого можно будет найти на шкале приемника места расположения частот точного сопряжения. Настройку начинают с контуров на входе смесителя ($C_1L_2C_2$ на рис. 8). В качестве индикатора настройки можно использовать высокочастотный ламповый вольтметр, присоединив его к выходу смесителя. Если такой прибор отсутствует, можно к цепи входа смесителя (к управляющей сетке лампы смесителя) подключить полупроводниковый детектор, соединив его с входом усилителя низкой частоты настраиваемого приемника (рис. 9). Конечно, такой детектор вносит в высокочастотный контур дополнительную емкость примерно 5—15 *пф*. Поэтому настройку контура после отключения детектора придется корректировать.

Процесс настройки протекает следующим образом. Высокочастотный генератор стандартных сигналов через эквивалент антенны подключают непосредственно к входу приемника. Замечу, что если на входе приемника включена магнитная антенна, то генератор стандартных сигналов придется связать со входом приемника при помощи витка связи. Вначале блок конденсаторов настройки устанавливают в положение максимальной емкости. Частота генератора при этом должна соответствовать минимальной частоте диапазона. Подстроечным сердечником по индикатору выхода настраивают на эту частоту контур на входе смесителя (в дальнейшем этот контур будем называть входным). После этого блок конденсаторов настройки переводят в положение минимальной емкости, а частоту генератора устанавливают равной максимальной частоте диапазона. Подстроечным конденсатором настраивают входной контур на эту частоту. Описанным способом входной контур несколько раз настраивают на крайние частоты диапазона, пока не перестанут изменяться подстроечные емкости и индуктивности. Затем точно так же настраивают входные контуры остальных диапазонов.

Теперь можно перейти к настройке контуров гетеродина. Вначале его настраивают на среднюю частоту диапазона. Для этого на генераторе стандартных сигналов устанавливают частоту точного сопряжения $f_{ср}$ и, вращая ручку настройки приемника, по индикатору, подключенному к выходу смесителя (например, к аноду смесительной лампы подключают высокочастотный вольтметр), настраивают входной контур на эту частоту. Затем индикатор настройки подключают к нагрузке детектора приемника (можно применить и обычный индикатор выхода, подключив его к выходу УНЧ) и, вращая подстроечный сердечник катушки гетеродинного контура, настраивают этот контур по максимальным показаниям индикатора выхода. Иными словами, добиваются настройки гетеродинного контура на частоту $f_г = f_{вх} + f_п$.

Аналогичным способом настраивают входной контур на низкочастотном конце диапазона. Настройку же гетеродинного контура на этом конце осуществляют подбором сопрягающего конденсатора $C_{пос}$ до получения максимальных показаний индикатора выхода. Так же поступают и при настройке входного контура на высокочастотном конце диапазона, а настройку гетеродинного контура производят подбором емкости конденсатора $C_{пар}$, причем подстроечный конденсатор гетеродинного контура должен находиться в среднем положении. Таким методом уже при первой настройке будут найдены приблизительно нужная емкость сопрягающих конденсаторов и индук-

тивность катушки гетеродинного контура. Уточняют настройку этих элементов в том же порядке: сначала на частота $f_{ср}$ подстраивают индуктивность катушки, затем на частоте $f_н$ подбирают емкость сопрягающего конденсатора $C_{пос}$, а на частоте $f_в$ — емкость конденсатора $C_{пар}$ (подстроечный конденсатор). Настройку уточняют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечных органов и емкость конденсатора $C_{пос}$. Чем ближе первоначальная емкость сопрягающих конденсаторов к необходимой, тем скорее будет закончен процесс уточнения настройки.

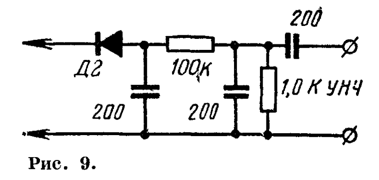


Рис. 9.

При наличии в приемнике усилителя высокой частоты надо будет настроить еще и входной контур, так как в таком приемнике входным был нами условно назван контур на входе смесителя, который по существу в данном случае является контуром усилителя высокой частоты. Поэтому генератор стандартных сигналов через эквивалент антенны подключают к действительно входному контуру (к гнезду «Антенна» приемника). На генераторе устанавливают частоту точного сопряжения в низкочастотной части диапазона. Приемник настраивают на эту частоту ручкой настройки. Затем подстроечным сердечником настраивают на нее входной контур. Далее сигнал-генератор и приемник перестраивают на частоту точного сопряжения в высокочастотном конце диапазона и настраивают на нее входной контур подстроечным конденсатором. Настройку в концах диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанут изменяться положение сердечника и емкость подстроечного конденсатора. На этом сопряжение настроек можно считать законченным.

Теперь предположим, что вы знаете частоту точного сопряжения. В таком случае за основу берется частота точного сопряжения $f_в$ и по ней подбирается емкость сопрягающего конденсатора $C_{пар}$, а также частота точного сопряжения $f_н$, на которую гетеродинный контур настраивают подстроечным сердечником катушки индуктивности. Если емкость сопрягающего конденсатора $C_{пос}$ выбрана правильно, то получится сопряжение и в середине диапазона на частоте $f_{ср}$ — так сказать, само по себе.

Возможны два варианта сопряжения таким методом. Первый применяется, когда известно положение частот точного сопряжения $f_н$ и $f_в$ на шкале приемника. При настройке по этому варианту сначала производят сопряжение на низкочастотном конце диапазона. Для этого на вход смесителя от генератора стандартных сигналов подают частоту точного сопряжения на низкочастотном конце диапазона. Указатель настройки устанавливают на соответствующую риску шкалы, отмечающую частоту точного сопряжения, и регулировкой положения подстроечного сердечника катушки гетеродинного контура добиваются максимальных показаний индикатора выхода приемника. Затем генератор подключают к входу приемника и подстроечным сердечником катушки индуктивности настраивают входной контур по максимальным показаниям индикатора, уменьшая по мере надобности выходное напряжение генератора. Далее указатель настройки приемника совмещают с соответствующей риской шкалы, указывающей частоту точного сопряжения $f_в$, генератор подключают к входу смесителя и настраивают его также на частоту $f_в$. Регулировкой подстроечного конденсатора гетеродинного контура добиваются максимальных показаний на выходе приемника. После этого генератор подключают к входу приемника и подстроечным конденсатором по индикатору выхода настраивают входной контур. Настройку входного контура на концах диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечных элементов, причем настройку ведут со входа приемника, т. е. для настройки гетеродина сигнал-генератор оставляют включенным на входе приемника.

Второй вариант сопряжения применяют в том случае, когда неизвестно положение частот точного сопряжения на шкале приемника. Тогда начинают с установки границ диапазона. Для этого на вход смесителя от гене-

ратора стандартных сигналов подают минимальную частоту диапазона. Конденсаторы блока настройки приемника устанавливают в положение максимальной емкости и регулировкой положения сердечника катушки гетеродинного контура добиваются максимальных показаний индикатора настройки на выходе приемника. Затем конденсаторы блока настройки переводят в положение минимальной емкости, а генератор перестраивают на максимальную частоту диапазона и настраивают гетеродинный контур регулировкой подстроечного конденсатора по максимальным показаниям индикатора выхода. Настройку гетеродинного контура на крайние частоты диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться емкость подстроечного конденсатора и положение сердечника гетеродинного контура.

Теперь можно переходить к сопряжению настройки гетеродинного контура с настройкой входного. Всю операцию сопряжения проводят так же, как при настройке по первому варианту метода двух частот, только вначале устанавливают частоту точного сопряжения на генераторе стандартных сигналов и на эту частоту настраивают приемник по максимальным показаниям индикатора выхода. Вначале добиваются сопряжения на низкочастотном конце диапазона, а затем на высокочастотном. Далее надо убедиться, что третья точка точного сопряжения получилась на нужной частоте и в нужном месте шкалы приемника. Для такой проверки на вход приемника от высокочастотного генератора подают частоту точного сопряжения $f_{\text{ср}}$, затем на эту частоту настраивают приемник по максимальным показаниям индикатора выхода.

Настроены ли входные контуры на эту частоту или имеется расстройка входных контуров относительно частоты точного сопряжения $f_{\text{ср}}$ и, как следствие этого, потеря чувствительности? Чтобы определить это, надо хорошо заметить положение подстроечного сердечника катушки индуктивности входного контура и попробовать ввернуть и вывернуть его на один-два оборота. Если отклонения индикатора на выходе приемника в обоих случаях уменьшаются, то на данной частоте имеется точное сопряжение. Если же, например, ввертывание сердечника увеличивает показания индикатора, то это означает, что разность $f_{\text{г}} - f_{\text{вх}}$ приближается к промежуточной частоте. А так как при ввертывании сердечника частота контура уменьшается, то действительная частота точного сопряжения раньше была расположена ближе к высокочастотному концу диапазона относительно расчетной частоты $f_{\text{ср}}$. И наоборот, если показания индикатора выхода увеличиваются при вывертывании сердечника катушки входного контура, то действительная частота точного сопряжения расположена ближе к низкочастотному концу диапазона относительно расчетной частоты $f_{\text{ср}}$.

Отклонение частоты точного сопряжения от расчетной означает, что неправильно выбрана емкость сопрягающего конденсатора $C_{\text{пос}}$. О том, как надо изменить емкость этого конденсатора, можно судить по тому, в какую сторону сдвинута частота точного сопряжения от расчетной точки на шкале приемника. Если при проверке сопряжения в середине диапазона окажется, что точка точного сопряжения сдвинута к низкочастотному концу диапазона, то емкость конденсатора $C_{\text{пос}}$ надо уменьшить, если же частота точного сопряжения сдвинута к высокочастотному концу, то емкость этого конденсатора надо увеличить и повторить сопряжения.

Всегда ли нужно сопряжение настроек в трех точках?

Получать точное сопряжение в трех точках диапазона не всегда обязательно. На полурастянутых диапазонах (коэффициент перекрытия диапазона $f_{\text{макс}}/f_{\text{мин}}$ около 2) часто применяют сопряжение в двух точках при помощи только одного сопрягающего конденсатора $C_{\text{пар}}$. Дело в том, что полоса пропускания входных контуров на коротковолновом диапазоне достаточно широка и, хотя при сопряжении в двух точках погрешность сопряжения в середине диапазона относительно велика, она не сказывается на чувствительности приемника, так как принимаемая радиостанция остается

в пределах полосы пропускания входного контура. Частоты точного сопряжения на таких диапазонах можно подсчитать по формулам

$$f_{в} = f_{макс} - 0{,}17\,(f_{макс} - f_{мин});$$
$$f_{н} = f_{мин} + 0{,}17\,(f_{макс} - f_{мин}).$$

Емкость сопрягающего конденсатора $C_{пар}$ и индуктивность гетеродинного контура $L_{г}$ подбирают при настройке. Рассмотрим сначала случай, когда известно положение частот точного сопряжения на шкале приемника. Вначале указатель настройки приемника совмещают с риской на шкале, соответствующей частоте $f_{н}$. На вход приемника подают от генератора стандартных сигналов соответствующую частоту и настраивают гетеродинный контур подстроечным сердечником по максимальным показаниям индикатора выхода приемника. Затем подстроечным сердечником на эту же частоту настраивают входной контур. Далее указатель настройки приемника переводят на отметку частоты точного сопряжения на высокочастотном конце диапазона $f_{в}$. На вход приемника от высокочастотного генератора подают соответствующую частоту и по максимальному показанию индикатора выхода приемника настраивают гетеродинный контур подстроечным конденсатором. После этого подстроечным конденсатором настраивают по индикатору выхода высокочастотный контур. Сопряжение контуров на низкочастотном и высокочастотном концах диапазона повторяют несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечных элементов.

В случае когда положение частот точного сопряжения неизвестно, вначале надо установить границы диапазона. Для этого на вход приемника подают от генератора стандартных сигналов минимальную частоту диапазона $f_{мин}$, конденсаторы блока настройки устанавливают в положение максимальной емкости и настраивают гетеродинный контур подстроечным сердечником по максимальному показанию индикатора выхода приемника. Затем таким же способом настраивают гетеродинный контур на максимальную частоту диапазона, но уже при помощи подстроечного конденсатора. Настройку на низкочастотном и высокочастотном концах диапазона повторяют несколько раз. Далее на вход приемника от генератора подают частоту точного сопряжения на низкочастотном конце диапазона и настраивают на эту частоту приемник ручкой блока конденсаторов переменной емкости. Затем подстроечным сердечником подстраивают на эту частоту входной контур по максимальным показаниям индикатора выхода приемника. После этого перестраивают генератор на частоту точного сопряжения на высокочастотном конце диапазона, настраивают на эту частоту приемник и подстраивают входной контур подстроечным конденсатором. Указанную настройку на частоты точного сопряжения на высокочастотном и низкочастотном концах диапазона производят несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечного конденсатора и сердечника контура.

Иногда применяют сопряжение только в середине диапазона без сопрягающих конденсаторов — обычно это делают на растянутых диапазонах с малым перекрытием — не более 1,2. Настройку производят следующим образом. На вход приемника от генератора стандартных сигналов подают среднюю частоту диапазона, а указатель настройки приемника устанавливают па середину шкалы. Гетеродинный контур настраивают по индикатору выхода приемника подстроечным сердечником катушки индуктивности или подстроечным конденсатором. Затем на эту же среднюю частоту диапазона по максимальным показаниям индикатора выхода настраивают входные контуры.

Остается настроить УКВ блок

В современных приемниках усилитель высокой частоты, смеситель и гетеродин ЧМ канала конструктивно выведены в самостоятельный УКВ блок. Принципиальные схемы таких блоков различных приемников примерно одинаковы. Типовая схема приведена на рис. 10. Особенности ее по сравнению

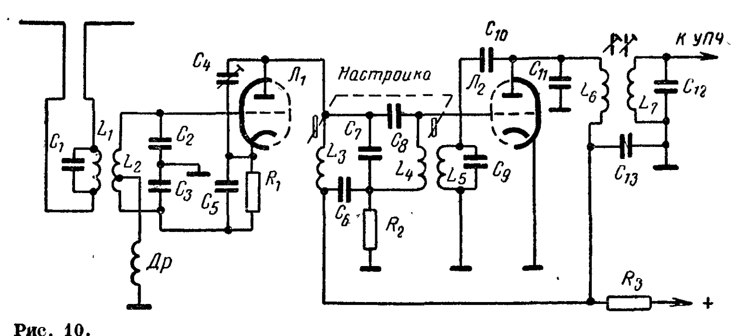


Рис. 10.

с каскадами АМ канала заключаются в том, что в УКВ блоке применены триодный УВЧ и триодный смеситель. Объясняется это тем, что триоды обладают меньшим уровнем шумов, а это очень важно при работе на УКВ диапазоне. Но применение триодных усилителя высокой частоты и смесителя заставляет принимать особые меры по нейтрализации большой проходной емкости триодов, которая, если не принять меры предосторожности, вызывает самовозбуждение этих каскадов. Нейтрализация достигается включением триодов и контуров по специальным мостовым схемам, в которых контуры различных каскадов включены в разные диагонали емкостного моста, а, как известно, в диагоналях уравновешенного моста токи отсутствуют, поэтому взаимное влияние контуров из-за наличия проходной емкости исключено.

Настройка на принимаемую радиостанцию производится перемещением диамагнитных сердечников контуров, объединенных в блок. Настройка конденсаторами переменной емкости, как это принято в диапазонах длинных, средних и коротких волн, применяется очень редко.

Налаживание УКВ блока начинают с проверки работы гетеродина. Для этого применяют те же методы, что и при налаживании АМ преобразователя. Ламповый вольтметр постоянного или переменного тока подключают параллельно резистору утечки сетки лампы гетеродинного преобразователя R_2. При нормальной работе гетеродина показания вольтметра постоянного напряжения должны быть в пределах 2—5 *в*, а показания вольтметра переменного напряжения в пределах 1,5—4,5 *в*. Повышенное напряжение сигнализирует о наличии релаксационных колебаний. В этом случае надо уменьшить сопротивление резистора утечки сетки. Надо также убедиться, что при изменении частоты настройки гетеродина он устойчиво генерирует во всем диапазоне, т. е. нет срывов генерации. Если генерации нет, то надо перепробовать все те меры, которые рекомендовались выше, когда речь шла о налаживании гетеродина АМ преобразователя.

Далее надо проверить частоты, на которых генерирует гетеродин, и, если надо, подстроить его контуры. Гетеродин легче всего настраивать при помощи резонансного или гетеродинного волномера (если волномера нет, то укладку диапазона производят с помощью сигнал-генератора, как об этом будет рассказано ниже). Связывая волномер с гетеродином, надо попытаться обнаружить колебания гетеродина, а затем по возможности ослабить связь между ними, оставляя, однако, возможность следить по волномеру за частотой колебаний гетеродина. Вычислив для двух настроек вблизи начала и конца шкалы необходимые частоты гетеродина (обычно они на величину промежуточной частоты выше принимаемых, но иногда частоту гетеродина делают ниже принимаемой), на эти частоты поочередно настраивают волномер и подстраивают гетеродин изменением индуктивности и емкости его контура. Если перестройка гетеродина осуществляется диамагнитным сердечником, то, слегка смещая этот сердечник по оси при введенном в катушку положении, производят подстройку гетеродина на высшей частоте. Под-

стройку на низшей частоте в этом случае производят подбором емкости гетеродинного контура.

Можно столкнуться с паразитной генерацией, «перескоками» частоты гетеродина или срывами генерации в части диапазона — все это легко распознать при помощи волномера. Эти явления обычно бывают вызваны разбалансировкой моста, нейтрализующего связь гетеродинного контура с высокочастотным контуром. Проверить и уточнить балансировку этого моста можно следующим образом. Включают на выход усилителя высокой частоты высокочастотный вольтметр и добиваются минимального просачивания напряжения гетеродина подстройкой предусмотренной для этой цели емкости C_8. Остаточное напряжение гетеродина, проникающее в усилитель высокой частоты, не должно превышать 0,2 *в*. Признаком хорошей нейтрализации будет также отсутствие влияния перестройки колебательного контура усилителя высокой частоты на частоту колебаний гетеродина.

Чтобы настроить фильтр промежуточной частоты L_6C_{11} и L_7C_{12} параллельно контуру L_7C_{12}, включают высокочастотный вольтметр, а к аноду лампы $Л_2$ через конденсатор емкостью 1—2 *пф* от генератора стандартных сигналов, настроенного на номинальную промежуточную частоту, подводят сигнал с амплитудой 1 *в*. Питание блока должно быть выключено. Вращением сердечников катушек фильтра промежуточной частоты добиваются максимальных показаний вольтметра (0,6—0,8 *в*), т. е. настраивают контуры в резонанс с частотой генератора. Затем включают питание блока, показания вольтметра при этом должны уменьшиться на 10—15%. Большее уменьшение показаний потребует подбора связи между катушками фильтра промежуточной частоты. Увеличение показаний вольтметра сигнализирует о самовозбуждении преобразователя на промежуточной частоте, и в таком случае надо регулировать емкость конденсатора C_6 до тех пор, пока самовозбуждение не прекратится. Однако после этого требуется проверить балансировку моста, как об этом было рассказано выше.

Подстройку диапазона гетеродина производят при помощи генератора стандартных сигналов, если это не было сделано ранее при помощи волномера. В качестве индикатора настройки можно применить вольтметр, включив его на выходе ЧМ детектора. Генератор стандартных сигналов подключают к входу УКВ блока. Настраивая генератор на крайние частоты диапазона, подстраивают контур гетеродина так, как об этом было рассказано выше. Настройку на крайние частоты диапазона производят несколько раз, пока не перестанет изменяться положение подстроечных элементов.

Настройку анодного контура усилителя высокой частоты $L_3C_6C_7$ и сопряжение его настройки с настройкой контура гетеродина начинают с низкочастотного конца диапазона. Генератор стандартных сигналов настраивают на частоту 64,5 *Мгц*, затем на эту частоту настраивают приемник по максимальным показаниям индикатора выхода и подстраивают анодный контур усилителя высокой частоты изменением шага витков катушки этого контура. После этого генератор перестраивают на высокочастотный конец диапазона и подстраивают контур перемещением диамагнитного сердечника катушки. Так делают несколько раз. Замечу, что описанное изменение положения диамагнитных сердечников, а также сжатие и растягивание витков катушек надо производить очень осторожно и в небольших пределах, так как эти контуры работают на высокой частоте и очень чувствительны к малейшим изменениям емкости и индуктивности. Кроме того, надо учитывать, что снятие экрана УКВ блока изменяет настройку контуров. Если при настройке контуров появится самовозбуждение усилителя высокой частоты, то надо произвести балансировку моста, нейтрализующего связь между входным контуром и контуром в анодной цепи усилителя, посредством подбора емкости конденсатора C_4. При этом может потребоваться и регулировка моста, нейтрализующего связь между гетеродинным контуром и контуром усилителя высокой частоты. В случае самовозбуждения на промежуточной частоте следует подобрать емкость конденсатора C_{13}. Однако надо иметь в виду, что всякая регулировка мостов нейтрализации влияет на настройку контуров УКВ блока. Поэтому после регулировки мостов надо произвести подстройку

контуров, что в свою очередь может потребовать дополнительной регулировки мостов нейтрализации, т. е. эти операции приходится повторять несколько раз.

Входной контур настраивают на среднюю частоту диапазона 70 *Мгц*. При этом генератор стандартных сигналов подключают к антенным гнездам УКВ блока. Входные контуры можно настраивать при немодулированном сигнале генератора по показаниям вольтметра постоянного напряжения, включенного на выходе детектора, или при частотной модуляции генератора по измерителю выхода. Если схема УКВ блока не предусматривает специальных элементов подстройки входного контура, то его подстройку осуществляют сдвиганием или раздвиганием витков катушки контура.

ЛИТЕРАТУРА

Брускин В. Я. Штехман Н. Я. Книга для радиомастера. Изд-во «Легкая индустрия», 1967, 248 стр.

Изложены методы ремонта радиоаппаратуры. В основу книги положен метод графического представления физических законов, формул и расчетов. Все вопросы, связанные с расчетом тех или иных узлов, рассматриваются на примерах схем заводской радиоаппаратуры. В книге много номограмм, и поэтому в первой главе разъясняется, как пользоваться графиками и номограммами для приближенных вычислений.

Последующие две главы, занимающие почти половину книги, посвящены электротехническим и радиотехническим расчетам.

Книга призвана помочь радиомеханикам и радиолюбителям хорошо разобраться в работе тех или иных узлов и цепей схем. Тогда можно обнаружить и устранить любую неисправность даже в незнакомой радиоаппаратуре.

В книге рассматривается только ламповая радиоаппаратура.

Виноградов Л. Н. Мастер по ремонту телевизоров. Изд-во «Связь», 1968, 286 стр.

Пособие для профессионально-технических учебных заведений по подготовке радиомехаников-ремонтников.

Основное внимание уделено изложению рекомендаций по проверке и настройке телевизоров с помощью контрольно-измерительной аппаратуры.

Книга может быть полезной для радиолюбителей и владельцев телевизоров, желающих ознакомиться с техникой ремонта телевизоров.

Веневцев М. Налаживание простейших любительских приемников. Изд-во ДОСААФ, 1968 (Школа юного радиолюбителя).

Рассказано о порядке налаживания собранных конструкций лампового и транзисторного радиоприемников прямого усиления и транзисторного супергетеродина.

Ломанович В., Соболевский А. Налаживание радиоаппаратуры. Изд-во ДОСААФ, 1968, 304 стр.

Главам о налаживании в книге предпослано много страниц описаний параметров и характеристик усилителей, приемников, телевизоров и передатчиков, а также методам их измерений. Затем идут главы: налаживание усилителей, налаживание радиоприемников, налаживание телевизоров и в заключение — передатчики и их налаживание.

Книга рассчитана на широкие круги радиолюбителей.

Борисов В. Г. Почему замолчал приемник? Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Цель книги — научить владельцев массовых ламповых приемников находить и устранять возникающие в приемниках неисправности, не прибегая к помощи специалистов. Транзисторные приемники в книге не рассматриваются.

Книга предназначена для широкого круга радиолюбителей.

Боровик С. С., Бродский М. А., Промышленные радиоприемники и их ремонт. Изд-во «Высшая школа», Минск, 1969, 312 стр.

Книга — учебное пособие, предназначенное для учащихся, мастеров

производственного обучения и преподавателей профессионально-технических училищ.

Рассматривается монтажный инструмент, основные материалы, провода и кабели, которые применяются при ремонте. Приводятся технические данные деталей; описаны принципиальные схемы радиол и радиоприемников различных классов, их типичные неисправности и способы устранения.

Каждая из 12 глав книги заканчивается контрольными вопросами.

Труш В., Гороховский А. Азбука ремонта радиоприемников. Пер. с польского. Изд-во «Связь», 1969, 192 стр.

В книге приводится методика обнаружения сравнительно несложных типовых неисправностей, с которыми наиболее часто приходится сталкиваться в практике ремонта ламповых и транзисторных радиоприемников.

Книга адресована начинающим радиолюбителям.

Виноградов Л. Н. Учитесь ремонтировать свой телевизор, изд. 4-е. Изд-во «Связь», 1970 (Библиотека «Телевизионный и радиоприем. Звукозапись»), 312 стр.

Руководство по ремонту телевизоров новых типов (кроме собранных целиком на полупроводниковых приборах). Приводятся общие сведения о проверке и ремонте телевизоров. Дана методика обнаружения и устранения неисправности. Рассказано о проверке и ремонте антенны.

Рассчитана на широкие круги читателей.

Гумеля Е. Б. Налаживание транзисторных приемников, изд. 2-е. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Рассмотрены особенности монтажа малогабаритных приемников и установление режимов транзисторов по постоянному току. Изложены основные сведения по налаживанию усилителей низкой частоты и высокочастотного тракта транзисторных приемников.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

Морозов В. П. Налаживание радиолюбительских приемников на транзисторах. Изд-во ДОСААФ, 1970, 96 стр.

Дается методика налаживания транзисторных приемников, рассматриваются схемные особенности различных конструкций, приводятся практические рекомендации по применению измерительных приборов для установки режимов работы транзисторов и настройки резонансных контуров.

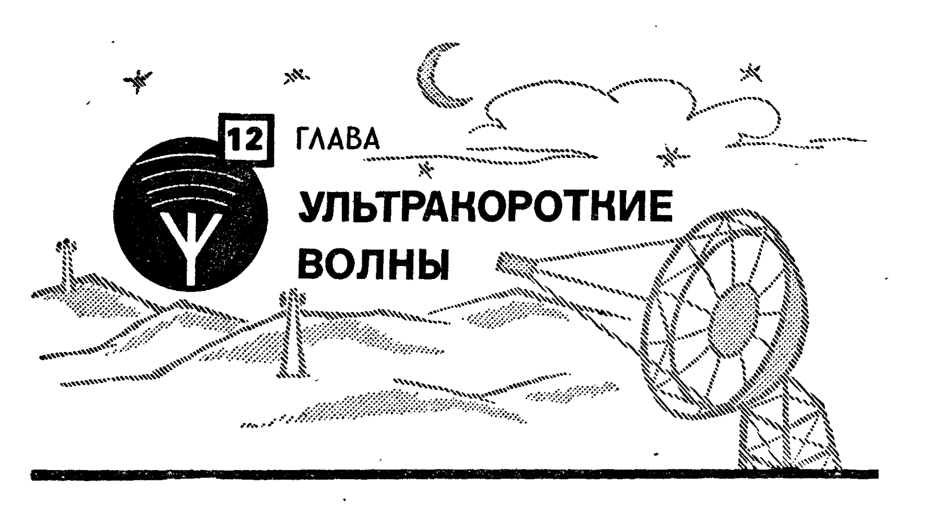
Изложены причины самовозбуждения отдельных каскадов и приемника в целом, даются практические советы по предупреждению самовозбуждения, а также по обнаружению и устранению характерных неисправностей приемников.

Книга рассчитана на широкие круги радиолюбителей.

Новоселов Л. Е. и др. Ремонт и регулировка транзисторных радиоприемников «Космос», «Рубин», «Орленок». Изд-во «Энергия» 1970 (Массовая радиобиблиотека), 64 стр.

Обширному материалу по ремонту и регулировке указанных приемников предшествует описание их схем и конструкций.

Брошюра содержит также описание зарядных устройств, монтажные схемы приемников, данные моточных узлов и другие справочные материалы.



УКВ[1]

«Ультра» — слово латинское, означающее более, сверх, а в сложных словах — находящийся за пределами, крайний.

Таким образом, ультракороткие волны — сверхкороткие волны.

Под короткими волнами принято понимать диапазон электромагнитных волн от 100 до 10 *м* (от 3 до 30 *Мгц*).

Волны длиной 10 *м* являются границей, за которой начинается область УКВ.

УКВ подразделяются на:

метровые волны от 10 до 1 *м* или по частоте от 30 до 300 *Мгц*;

дециметровые волны от 100 до 10 *см* или по частоте от 300 до 3 000 *Мгц* (от 0,3 до 3 *Ггц*);

сантиметровые волны от 10 до 1 *см* или по частоте от 3 000 до 30 000 *Мгц* (от 3 до 30 *Ггц*);

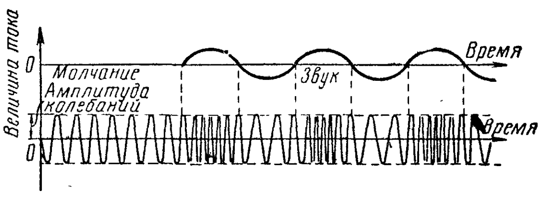
миллиметровые волны от 10 до 1 *мм* (от 30 до 300 *Ггц*).

УКВ — своеобразные и еще не полностью изученные электромагнитные волны. Однако то, что мы уже знаем о них, позволяет говорить о больших возможностях,

---

[1] По разным источникам.

которые открывают УКВ для дальнейшего прогресса радиосвязи и радиовещания. Этот диапазон манит своими просторами. Радиовещательный диапазон от 187 до 2 000 *м* охватывает полосу частот всего 1 450 *кгц* (1 600 — 150=1 450 *кгц*), а один лишь метровый диапазон УКВ, т. е. волны от 1 до 10 *м* включительно, занимает полосу частот 270 000 *кгц*, ведь по мере укорочения волн частотные пределы становятся все более широкими. А чем шире частотные пределы, тем больше станций можно разместить без опасности создания взаимных помех.



Графическое пояснение процесса частотной модуляции.

Если условиться, что для каждой радиостанции нужна полоса частот шириной 10 *кгц*, то в метровом диапазоне УКВ можно разместить 27 000 передатчиков, а в диапазоне от 2 000 до 187 *м* — всего лишь 145. «Теснота в эфире» давно уже стала помехой в развитии радиосвязи и радиовещания.

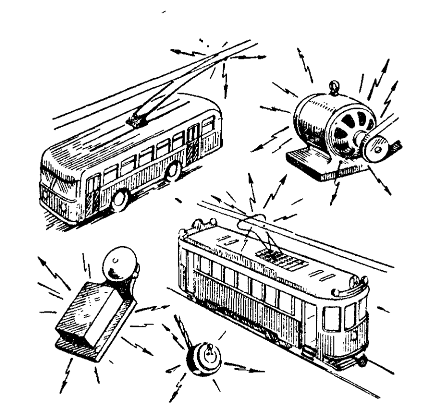
Частотный «простор» в области УКВ позволяет не только увеличить число радиостанций, но и совершенно по-новому вести радиовещание. Поэтому, например, радиотелефонирование с применением частотной модуляции, требующее широкой полосы частот, и передача телевидения, требующая очень широкой полосы частот, возможны только на волнах короче 10 *м*.

В диапазоне УКВ легко осуществимо излучение радиоволн в нужном направлении узким пучком. Это позволяет применять передатчики с малыми мощностями. Эти свойства УКВ как бы специально предназначены для радионавигационных целей.

Не случайно на искусственных спутниках Земли используются передатчики, работающие на УКВ: волны эти свободно проходят в мировое пространство.

Большое значение имеет УКВ диапазон и для радиосвязи на небольшие расстояния. В диспетчерской связи сельского хозяйства, службе скорой помощи, маневровой связи на железнодорожном транспорте, связи в пределах аэродромов и морских портов, в пожарной охране и на крупных стройках широко используются ультракороткие волны.

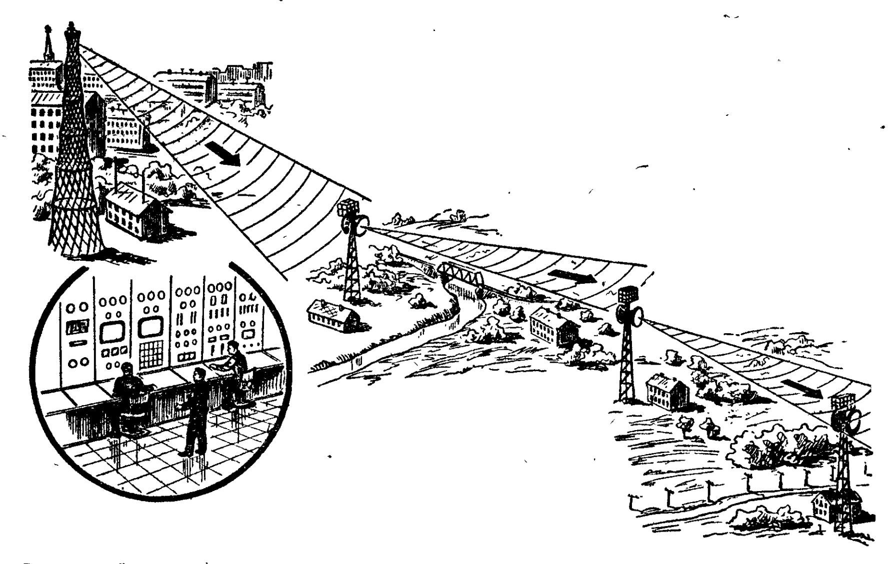
Как известно, радиоприем на ДВ, СВ и КВ сопровождается шумами, треском и другими помехами. Эти помехи значительно меньше на УКВ. Диапазон УКВ чист от атмосферных помех. Конечно, нельзя утверждать, что на УКВ совсем нет помех. Основными источниками помех на УКВ оказались автомобильные двигатели, лишенные защитных электрических фильтров, некоторые системы электрических звонков и пр.


Электрические приборы и установки создают определенный уровень шумов.

Однако все-таки число помех, их уровень значительно меньше на УКВ, чем в других диапазонах, и эти помехи можно ослабить. Это достигается применением частотной модуляции (ЧМ).

Частотная модуляция. «Бесшумное радио», «радио без помех» — так называли первые передачи по методу частотной модуляции.

В чем же заключается этот метод, почему он гарантирует от помех? Атмосферные и промышленные помехи являются электрическими «сигналами»



Радиорелейная линия.

с хаотически изменяющейся амплитудой. Метод же частотной модуляции предусматривает строгое постоянство амплитуды. Применяются специальные устройства, которые «следят» за тем, чтобы в процессе работы амплитуда высокочастотных колебаний как на выходе передатчика, так и на входе приемника не изменялась.

Если к приемнику частотно-модулированных колебаний поступают сигналы, модулированные по амплитуде, то такой приемник должен «ответить» на них (и действительно отвечает) полным молчанием. Поэтому атмосферные и промышленные помехи не воспроизводятся таким приемником.

Но как же передавать сообщения, могут нас спросить, если к приемнику поступают сигналы совершенно одинаковой силы, с одинаковой амплитудой?

Безусловно, если излучаемый сигнал постоянен по частоте (неизменная длина волны) и амплитуде, то никаких сообщений он с собой не принесет. А если в такт со звуковыми колебаниями (тока микрофона) менять частоту излучаемых колебаний, тогда как? Удастся ли таким способом осуществить передачу?

Оказывается, вполне удается. Именно это и составляет принцип частотной модуляции: колебания звуковой частоты модулируют не амплитуду, а частоту. В процессе такой передачи длина волны станции все время меняется, но амплитуда излучаемой волны остается неизменной.

Приемник частотно-модулированных сигналов имеет особое устройство, реагирующее лишь на изменение частоты принимаемых колебаний. Называется оно частотным детектором. Это устройство превращает изменения частоты в соответствующие изменения величины электрического тока. Ток на выходе частотного детектора тем больше, чем в больших пределах изменяется частота принимаемого сигнала, чем глубже частотная модуляция. Сколько раз в секунду изменяется частота сигнала, столько же раз за это время изменяется ток на выходе детектора. Иначе говоря, после детектора получаются электрические колебания такой же формы, какие посылались из студии на радиопередающую станцию. К громкоговорителю подводится ток звуковой частоты, диффузор приводится в колебательное состояние, и мы слышим звуки.

Но в каких пределах нужно изменять длину волны передатчика, на сколько метров (или на сколько герц, если говорить о частоте)?

Теория и в особенности практика показывают, что для осуществления высококачественного вещания изменения несущей частоты передатчика должны быть сравнительно большими: 50—75 *кгц* в каждую сторону от номинала несущей частоты.

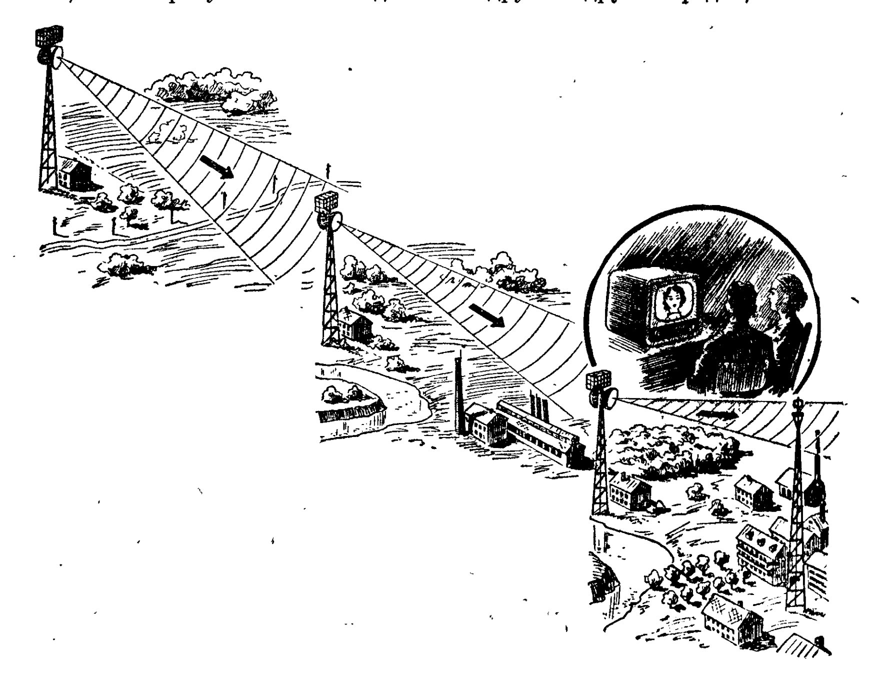
При амплитудной модуляции для каждой радиовещательной станции отводится канал шириной 10 *кгц*. Для осуществления передачи частотно-модулированными колебаниями ширина канала увеличивается в 10—15 раз.

Во всем радиовещательном диапазоне (от 187 до 2 000 *м*) не хватило бы места и для десятка таких радиостанций, но в диапазоне метровых волн места для них сколько угодно, поэтому ЧМ и применяется в УКВ диапазоне. Во всех радиовещательных передатчиках диапазонов КВ, СВ и ДВ применяется амплитудная модуляция, так как она более «экономно» загружает диапазон волн, чем частотная модуляция.

Частотная модуляция широко применяется и в военной радиосвязи. Подавляя многочисленные помехи от систем зажигания автомашин, танков и самолетов, она тем самым увеличивает надежность радиоприема.

В пределах видимости. Независимо от времени суток и года, независимо от погоды ультракороткие волны надежно распространяются наподобие лучей света в пределах прямой видимости. Поэтому антенны УКВ передатчиков стараются поднять как можно выше. Повыше стараются ставить свои антенны и владельцы телевизоров, живущие за пределами городов, где расположены телецентры. Практически телевизионные передачи можно принимать на расстояниях до 70—120 *км* от телевизионных центров.

Как видите, дальность действия УКВ передатчиков мала в сравнении с обычными радиовещательными станциями. Это плохо. Но это и хорошо: на одних и тех же волнах может работать значительно большее количество радиостанций. Одна волна может быть у Москвы и Киева, у Горького и Харькова, не говоря уже о более отдаленных друг от друга городах, и мешать



друг другу они не будут. УКВ радиостанции с небольшим радиусом действия могут быть значительно менее мощными, чем радиостанции длинноволновые или средневолновые.

Дальность действия УКВ передатчика может быть расширена, если увеличить его мощность и высоту антенны. При благоприятном профиле местности и достаточно высокой антенне приемника дальность может быть увеличена до 200—300 *км*. Но при наших пространствах этого, конечно, недостаточно.

Радиорелейные линии связи. Увеличение дальности радиосвязи на УКВ достигается применением радиорелейных линий связи.

Важное значение при этом играет возможность применения направленного излучения энергии радиоволн.

На дециметровых и сантиметровых волнах можно получить остронаправленную передачу с компактными антеннами. По мере укорочения волны антенны все более напоминают оптические рефлекторы.

Преимущество направленной передачи можно иллюстрировать таким примером. На дециметровых волнах радиостанция мощностью 2 *вт* при несложной передающей антенне с остронаправленным излучением может создать в приемной антенне сигнал такой же силы, как и станция мощностью 2 *квт* с круговым излучением.

Простые способы получения направленного излучения на УКВ позволили применить эти волны для радиолокации.

Но вернемся к радиорелейным линиям связи.

Значение радиорелейной связи неоднократно подчеркивалось в решениях партии и правительства.

Что же представляет собой радиорелейная линия связи? Это цепочка приемо-передающих радиостанций, работающих на дециметровых или сантиметровых волнах. В данной цепи две оконечные радиостанции непосредственно соединены с корреспондентами, а промежуточные предназначаются для приема сигналов от предыдущей станции и автоматической передачи (ретрансляции) их на следующую станцию, как при эстафете.

Промежуточные ретрансляционные станции управляются посредством сигналов, посылаемых с одного или другого конца линии.

Так как антенны соседних станций должны находиться в пределах видимости, радиостанции устанавливаются через каждые 50—60 *км* и имеют мачты высотой 50—70 *м*.

Каждая оконечная станция имеет радиопередатчик и радиоприемник, необходимые для одновременной передачи и приема сигналов. Передача и прием производятся на разных волнах, и передатчик поэтому не мешает работе приемника.

Каждая промежуточная станция имеет два передатчика и два приемника, служащие для ретрансляции сигналов в прямом и обратном направлениях. Большинство станций линии — автоматические. Обслуживающий персонал имеется примерно на каждой десятой станции цепочки.

По одной радиорелейной линии можно одновременно вести телеграфные и фототелеграфные передачи, несколько сотен телефонных переговоров, передачу радиовещательных и телевизионных программ. Радиорелейные линии позволяют объединить телефонные сети городов в единую телефонную сеть.

Радиорелейные линии связи значительно экономичнее линий проводной связи. Они не требуют большого количества металла, идущего на провода, их можно значительно быстрее строить при меньшей затрате сил и средств, чем на кабельную линию.

Но... не только в пределах прямой видимости. Практика использования УКВ для связи и последующие научные исследования показали, что при распространении УКВ существенную роль играет явление рефракции, т. е. искривления пути радиоволн в результате неоднородности атмосферы. Радиоволны могут распространяться не по прямым линиям, их пути изгибаются, как бы огибая земную поверхность. За счет этого явления на ультракоротких волнах удавалось вести дальний прием телевидения на расстоянии до 200—300 *км*.

Отдельным радиолюбителям удавалось вести и сверхдальний прием на расстоянии от 1 000 до 5 000 *км*. Этот прием нерегулярен и иногда невысокого качества, но он привлекает все большее и большее число любителей сверхдальнего приёма телевидения. Установлено, что распространение ультракоротких волн на большие расстояния происходит за счет явлений в ионосфере. В периоды солнечной активности возможности сверхдальнего приема улучшаются.



В полевой день.

«Укависты». В семье советских радиолюбителей наиболее многочисленным и молодежным в своей массе становится отряд ультракоротковолновиков, или, как их сокращенно называют, «укавистов». Это объясняется тем, что передача на ультракоротких волнах вполне доступна и для начинающих радиолюбителей.

Для любительской связи на УКВ не обязательно знание телеграфной азбуки (связи ведутся телефоном). Разрешение на собственный передатчик можно получить в радиоклубе ДОСААФ, начиная с 16 лет, а быть оператором школьной УКВ радиостанции можно с 14 лет.

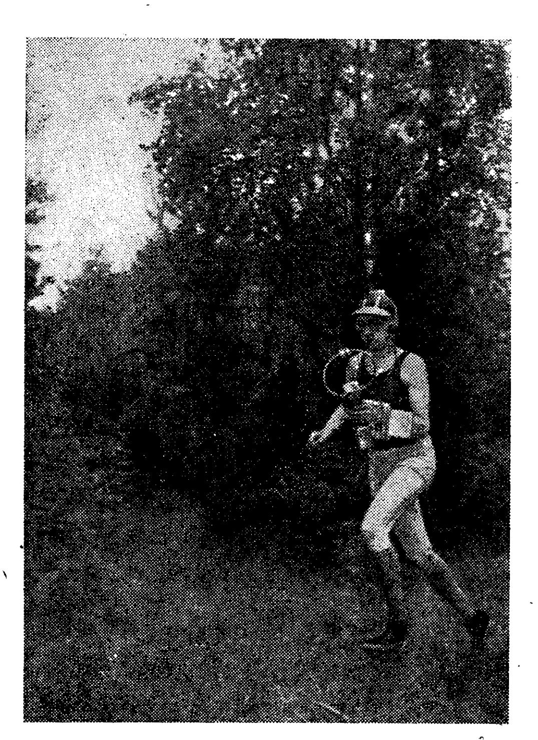
Для работы на УКВ любителям выделены диапазоны: 28—29,7 *Мгц* (10-метровый), 144—146 *Мгц* (2-метровый), 430—440 *Мгц* (70-сантиметровый), 1 215—1 300 *Мгц* (23-сантиметровый), 5 650—5 670 *Мгц* (5-сантиметровый), 10 000—10 500 *Мгц* (3-сантиметровый), 21 000—22 000 *Мгц* (1,5-сантиметровый). Из этих диапазонов наиболее интересен 10-метровый. На нем можно вести дальние и местные связи. Любительские УКВ передатчики и приемники обладают небольшим весом, малыми размерами, портативны. Представьте себе небольшую коробочку весом 100 *г* — такая радиостанция может обеспечить связь в пределах километра.

Возможности, открываемые для любительской работы на УКВ, многообразны и увлекательны.

Большой популярностью пользуются соревнования «Полевой день». Этот день укависты проводят в поле, на горах и в лесах, совмещая отдых на лоне природы с любимым спортом. Устанавливая свои маломощные станции в горах и в местностях, где почти нет помех, радиоспортсмены добиваются в этот день интересных результатов, особенно по дальним связям.

С каждым годом ширится у нас сеть радиокружков в школах и УКВ радиостанций при них.

На радиостанциях ведется спортивная работа по установлению связей с другими станциями. В задачу операторов входит установление наибольшего количества двусторонних связей, ведение аппаратного журнала. Это позволяет готовить радиолюбителей-разрядников, так как за достижения в области связи на УКВ присваиваются спортивные разряды вплоть до мастера спорта. Наряду с этим ведется конструкторская работа. Изготовляются походные радиостанции, приемники и передатчики на разные диапазоны.



Чемпион Европы по «охоте на лис» Анатолий Гречихин на дистанции.

Проводится обслуживание радиосвязью школьных экскурсий и пионерских походов, организуются экскурсии учащихся школы на радиостанции, технические вечера и консультации с демонстрацией аппаратуры.

Вся эта полезная и интересная деятельность воспитывает у школьников интерес к технике, готовит из них радиоспортсменов и способствует политехнизации школы.

«Охота на лис». В СССР и в европейских странах получило широкое распространение соревнование «охота на лис» — поиск маломощных КВ или УКВ радиостанций, хорошо замаскированных в лесу, в горах или населенных пунктах. В качестве «охотников» в этих соревнованиях выступают радиоспортсмены, оснащенные радиопеленгаторами (приемники с антеннами направленного действия)

«Лисы» (их обычно бывает четыре) располагаются в лесу на расстоянии 3—3,5 *км* друг от друга.

Каждая «лиса» передает свой сигнал («Я лиса первая, вторая» и т. д.) в течение 1 *мин*, а четыре молчат. Таким образом, в пятиминутный цикл первую минуту работает первая «лиса», вторую — вторая, третью — третья, четвертую — четвертая «лиса»; последняя, пятая минута цикла — минута молчания.

Поиск радиостанций может быть последовательным: вначале должна быть найдена первая «лиса», затем вторая и т. д., но чаще применяется свободный поиск «лис» (в любом порядке), что несколько сложнее, так как «охотник» должен уметь хорошо читать карту, быстро ориентироваться на местности.

«Охота» ведется обычно группами, по 3—5 спортсменов, каждая из которых стартует через 5 *мин* (в каждый цикл работы «лис»).

Выигрывает тот, кто обнаружил «лис» в наиболее короткий срок.

Каждый «охотник» — это прежде всего выносливый бегун по пересеченной местности. Но одновременно это и радиолюбитель-конструктор, создающий компактную и легкую аппаратуру. Здесь идет соревнование в создании малогабаритной аппаратуры, обладающей наиболее высокой чувствительностью, избирательностью и помогающей в точной ориентировке.

Удачное сочетание физкультуры и техники сразу сделало «охоту на лис» одним из любимых видов технического спорта у молодежи.

АНТЕННЫ ДЛЯ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН [1]

Приемные и передающие антенны, применяемые на УКВ, значительно отличаются от антенн для длинных, средних и даже коротких волн. УКВ антенны имеют относительно небольшие размеры; при этом антенны различ-

[1] Написано Л. М. Капчинским.

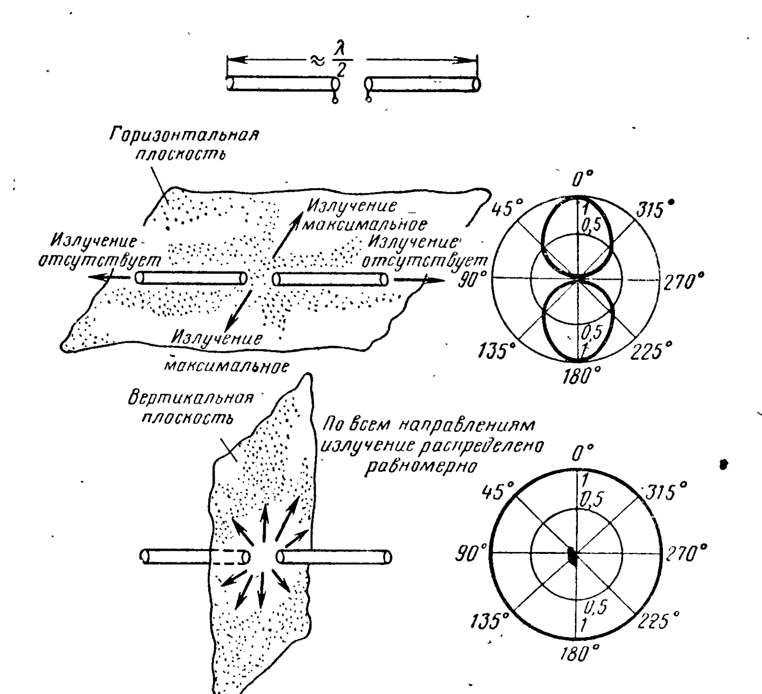


Рис. 1. Диаграммы направленности полуволнового вибратора.

ных поддиапазонов отличаются друг от друга как по принципу действия, так и по конструкции. Так, например, антенны сантиметрового поддиапазона сильно отличаются от антенн метрового поддиапазона.

Расскажем об антеннах, к которым радиолюбители и телезрители проявляют наибольший интерес: об антеннах метрового диапазона (10—1 *м*) и длинноволновой части дециметрового диапазона (1 *м* — 50 *см*). Эти антенны применяются для приема телевидения и в качестве приемных и передающих антенн радиолюбительских УКВ станций.

Направленные свойства УКВ антенн. Под направленными свойствами антенн понимают их способность излучать электромагнитную энергию относительно узкими пучками в определенных желаемых направлениях.

Простейшая и в то же время наиболее распространенная УКВ антенна — симметричный полуволновый вибратор (рис. 1) — состоит из двух расположенных на одной оси металлических стержней. Общая длина вибратора составляет примерно половину длины волны λ.

Расположим вибратор горизонтально и мысленно проведем плоскость перпендикулярно оси вибратора (вертикальную плоскость). В этой плоскости излучаемая мощность распределяется равномерно во всех направлениях. Поэтому говорят, что горизонтальный вибратор является ненаправленным в вертикальной плоскости. В горизонтальной же плоскости излучение является направленным, причем наибольшая мощность излучается перпендикулярно вибратору, а в направлении его оси излучение полностью отсутствует.

Соответственно вертикально расположенный вибратор излучает равномерно во всех направлениях в горизонтальной плоскости и неравномерно — в вертикальной.

Направленные свойства антенн изображают графически в виде диаграмм направленности в горизонтальной и вертикальной плоскости (рис. 1). Заме-

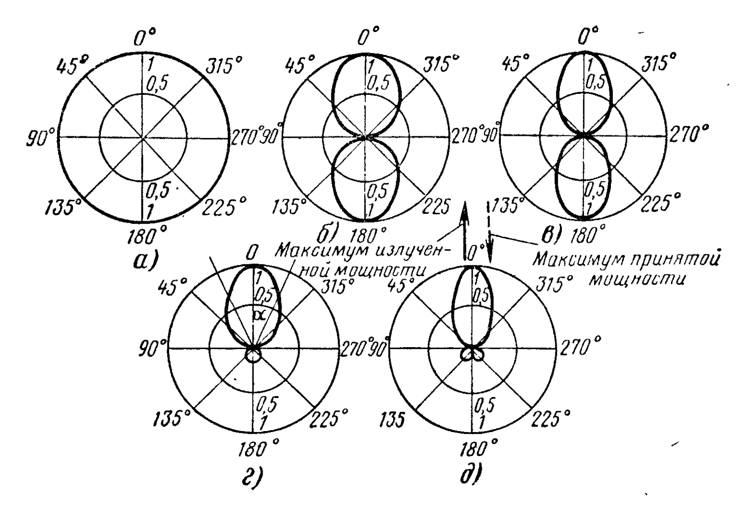


Рис. 2. Различные формы диаграмм направленности УКВ антенн в горизонтальной плоскости.

тим, что такие диаграммы не дают возможности определить, какую же мощность излучает антенна в определенном заданном направлении, поскольку величина этой мощности зависит не только от формы диаграммы, но и от мощности передатчика. Диаграмма направленности антенны характеризует лишь распределение мощности передатчика в пространстве независимо от полной величины этой мощности и определяется конструкцией антенны.

На рис. 2 изображены диаграммы направленности различных УКВ антенн в горизонтальной плоскости.

Антенна, имеющая диаграмму типа *а*, излучает в горизонтальной плоскости равномерно во все стороны. Такую диаграмму должна иметь антенна радиолюбительского передатчика, если направление на корреспондента заранее неизвестно, а также телевизионная передающая антенна.

Диаграммы типов *б* и *в* имеют два симметричных «лепестка». Антенны с такими диаграммами излучают одинаково в двух противоположных направлениях.

Часто бывает полезным сконцентрировать излучение только в одном направлении. Тогда нужно пользоваться однонаправленными антеннами, имеющими диаграммы направленности типа *г* и *д*.

Как видно из рисунка, эти диаграммы имеют обычно, помимо основного лепестка, небольшие «задние» или «боковые» лепестки, что указывает на некоторый расход мощности передатчика на излучение в нежелательных направлениях. Заметим, что антенна с диаграммой направленности типа *д* излучает электромагнитные волны более узким пучком и является, следовательно, более направленной. Ширина основного лепестка диаграммы направленности измеряется в градусах и отсчитывается по уровню половинной мощности или 0,7 напряжения (угол λ на диаграмме *г*).

Какой же должна быть диаграмма направленности передающей УКВ антенны?

Для ответа на этот вопрос необходимо знать, в пределах какого угла может меняться направление от передающей антенны к возможному корреспонденту. Необходимо, чтобы этот угол укладывался в пределах угла раствора основного лепестка диаграммы направленности по уровню половинной мощности.

Чем уже основной лепесток диаграммы направленности, чем меньше задние и боковые лепестки, тем большая мощность (при неизменной мощности

передатчика) излучается в главном направлении и тем больше дальность связи в этом направлении. А как обстоит дело с направленными свойствами приемных антенн?

Пусть некоторая антенна используется как передающая для излучения сигналов в пространство и имеет диаграмму направленности, изображенную на рис. 2, *д*. Максимум мощности излучаемых волн соответствует направлению, показанному сплошной стрелкой. Если эту же самую антенну применить для приема, то мощность сигналов, поступающих на вход приемника, будет максимальной, когда сигнал приходит с того же направления (пунктирная стрелка).

Итак, диаграмма направленности любой антенны неизменна при работе её как на передачу, так и на приём.

При выборе типа приёмной антенны нужно учитывать те же соображения относительно необходимого угла раствора диаграммы в горизонтальной плоскости. Следует ещё добавить, что чем ýже основной лепесток диаграммы направленности и меньше боковые лепестки, тем слабее сказываются различные помехи приему (медицинские, индустриальные и т. п.).

Коэффициент усиления УКВ антенн. Приемные и передающие УКВ антенны, кроме того, характеризуются величиной коэффициента усиления.

Пусть имеются два передатчика одинаковой мощности. Антенна первого передатчика — полуволновый вибратор (рис. 1), антенна второго передатчика — однонаправленная с диаграммой, изображенной на рис. 2, *д*. Антенна второго передатчика создает в главном направлении более сильное электромагнитное поле. Это, очевидно, объясняется тем, что, во-первых, антенна второго передатчика излучает только в одну сторону и, во-вторых, концентрирует излучение в более узком пучке. Если антенна второго передатчика создает на определенном расстоянии электромагнитное поле, например, вдвое большей силы (напряженности), то говорят, что эта антенна имеет относительно полуволнового вибратора коэффициент усиления по полю, равный двум.

Коэффициент усиления любой антенны определяют путем её сравнения с полуволновым вибратором, коэффициент усиления которого условно принят равным единице.

Понятие коэффициента усиления можно распространить и на приемные антенны. При этом коэффициент усиления по полю показывает, во сколько раз увеличивается напряжение на входе приемника при использовании данной антенны по сравнению со случаем использования полуволнового вибратора.

Заметим, что увеличение коэффициента усиления не обязательно связано с уменьшением ширины диаграммы направленности в горизонтальной плоскости. Можно увеличить коэффициент усиления приемных и передающих УКВ антенн, сужая диаграмму направленности в вертикальной плоскости (используя, например, многоэтажные антенны) и не ограничивая тем самым угол, в пределах которого возможна связь.

Фидеры для УКВ антенн. Приемная и передающая антенны связаны соответственно с приемником и передатчиком фидером.

Выбор типа фидера и способа его подключения к антенне — важный момент в процессе конструирования УКВ антенны как для приемно-передающей радиостанции, так и для телевизионного приемника.

В качестве фидеров могут быть применены симметричные кабели экранированные (РД-13) или неэкранированные (КАТВ) и несимметричные экранированные так называемые коаксиальные кабели, например РК-75-4-15, РК-75-4-16*. На рис. 3 показаны конструкции кабелей различных типов.

Как для телевизионных антенн, так и для антенн приемно-передающих УКВ радиостанций лучше всего использовать несимметричный экранированный кабель. Этот кабель относительно недорог; он может быть прикреплен простейшими скобками непосредственно к любой стене: деревянной, кирпич-

---

* Первое число в обозначении марки кабеля (75) выражает его волновое сопротивление в омах. (*Прим. ред.*)

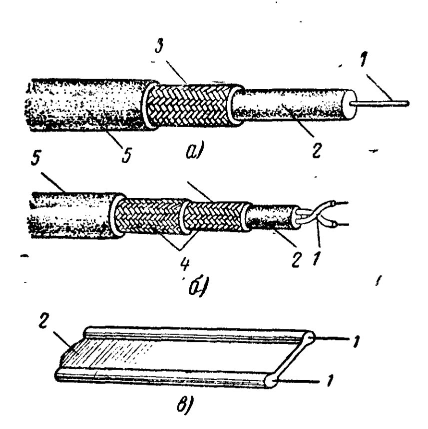


Рис. 3. Кабели, применяемые для изготовления фидеров.

а — несимметричный экранированный; *б* — симметричный экранированный; *в* — симметричный неэкранированный.

ной и т. п. В случае применения такого кабеля практически исключаются потери мощности передатчика и искажение диаграммы направленности антенны за счет излучения самого фидера.

Могут быть случаи, когда передатчик имеет симметричный выход, а переход на коаксиальный кабель почему-либо невозможен. В таких случаях следует применить экранированный симметричный кабель, а при отсутствии последнего — неэкранированный. Следует иметь в виду, что неэкранированный кабель крепится к стенам с помощью специальных изоляторов.

Подключение фидеров к антеннам различных типов нужно производить только так, как показано на приводимых ниже рисунках. Эти схемы подключения фидеров обеспечивают как симметрирование (при переходе от несимметричного кабеля к симметричной антенне), так и согласование. Неправильное подключение фидера к антенне приводит к уменьшению излученной мощности, а также к частотным искажениям передаваемого и принимаемого сигналов. При приеме телевидения могут появиться специфические искажения в виде повторных контуров изображения.

Типы антенн для любительских радиостанций и приема телевидения. В принципе для любительских приемно-передающих УКВ радиостанций и приема телевидения могут применяться антенны одних и тех же типов. Поэтому целесообразно рассказывать об этих антеннах одновременно, делая в случае необходимости соответствующие оговорки.

Простейшей наиболее распространенной антенной для любительской УКВ радиостанции и приема телевидения является полуволновый вибратор (рис. 4). Он может быть использован на любом из 12 телевизионных каналов в диапазоне частот 48,5—230 *Мгц*, а также в радиолюбительских УКВ диапазонах: 28—29,7; 144—146 и 430—440 *Мгц*.

Существуют две основные разновидности полуволновых вибраторов: линейный полуволновый вибратор (рис. 4, *а*) и полуволновый шлейф-вибратор, обычно называемый вибратором Пистолькорса (рис. 4, *б*). По своим электрическим характеристикам оба вибратора практически равноценны: имеют одинаковые диаграммы направленности и коэффициенты усиления.

Оба вида вибраторов выполняются обычно из трубок (стальных, латунных, медных, дюралюминиевых). Их можно изготовлять также из металлических полосок или уголков. Основные конструктивные размеры их приведены на рис. 4. Под длиной волны λ в случае выполнения вибратора для приема телевидения следует понимать длину волны, соответствующую средней частоте телевизионного канала; в случае же выполнения вибратора для любительской УКВ радиостанции под λ нужно понимать длину волны, соответствующую несущей частоте. Длина волны для любого из двенадцати телевизионных каналов указана в табл. 1.

Какой же вибратор лучше применять? Этот вопрос следует решать, исходя из конструктивных соображений и наличных материалов. Шлейф-вибратор требует, например, для изготовления вдвое большего расхода трубок. В то же время шлейф-вибратор легко установить на любой мачте — металлической или деревянной, так как его можно прикрепить к средней точке (точка *О* на рис. 4, *б*) непосредственно к мачте с помощью сварки или металлического хомута без всяких изоляторов. Крепление линейного вибра-

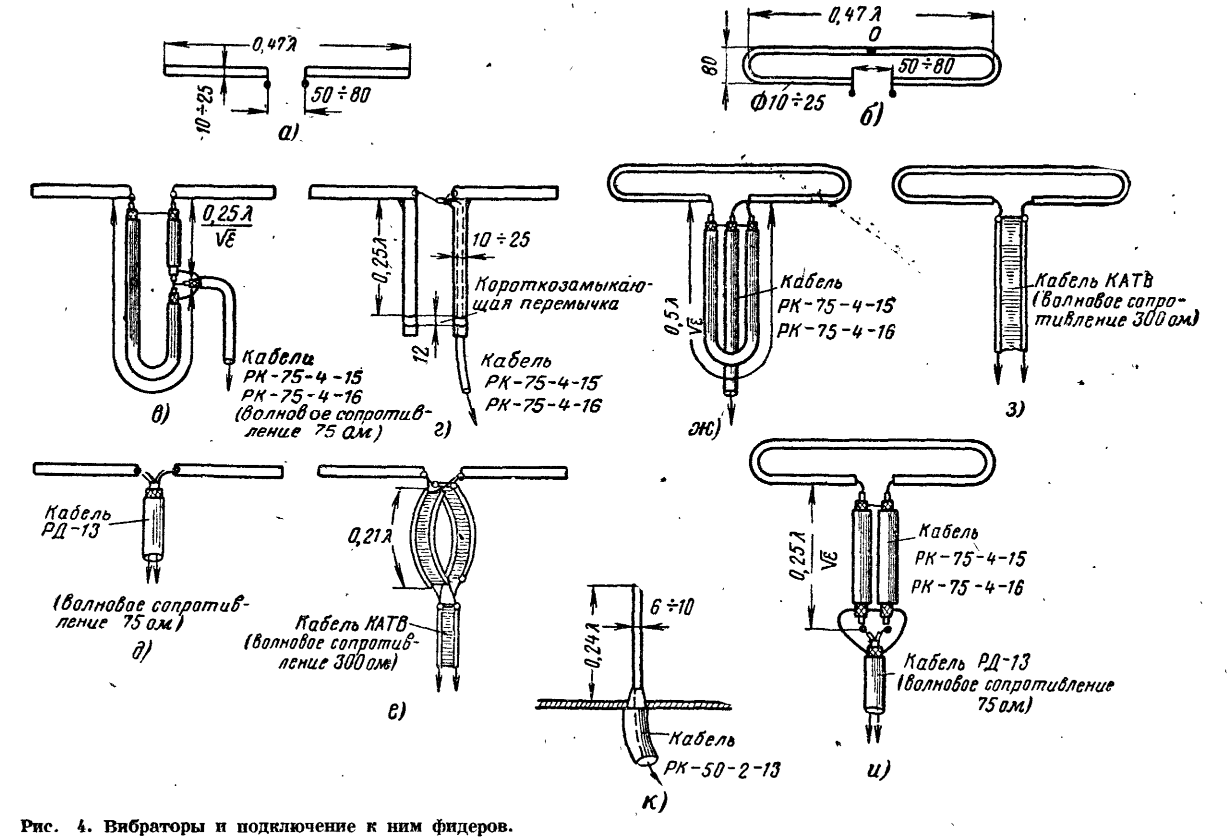


Рис. 4. Вибраторы и подключение к ним фидеров.

а — линейный полуволновый вибратор; *б* — шлейф-вибратор Пистолькорса; *в* — подключение кабеля через U-образное колено; *г* — подключение кабеля через четвертьволновый мостик; *д* — подключение симметричного экранированного кабеля; *е* — подключение симметричного неэкранированного кабеля; *ж* — подключение кабеля через U-образное колено; *з*, *и* — подключение экранированного кабеля; *к* — подключение кабеля к четвертьволновому вибратору. Для кабелей марки РК $\sqrt{\varepsilon} = 1,5$. Полная длина U-колена на рис. *в* равна $\lambda/\sqrt{\varepsilon}$.

тора к мачте требует изоляторов: керамических, пластмассовых, полистироловых или из органического стекла.

Возможные способы подключения фидеров к линейному полуволновому вибратору приведены на рис. 4, *в* — *е*. Схемы на рис. 4, *в* и *г* применяют в случае использования в качестве фидеров несимметричных экранированных кабелей, например РК-75-4-15.

Таблица 1

Телевизионный канал	Полоса частот канала *Мгц*,	Длина волны, соответствующая средней частоте канала, *м*
Первый	48,5—56,5	5,72
Второй	58—66	4,84
Третий	76—84	3,75
Четвертый	84—92	3,41
Пятый	92—100	3,13
Шестой	174—182	1,68
Седьмой	182—190	1,61
Восьмой	190—198	1,55
Девятый	198—206	1,48
Десятый	206—214	1,43
Одиннадцатый	214—222	1,37
Двенадцатый	222—230	1,32

В схеме на рис. 4, *в* показано подключение кабеля длиной три четверти волны в кабеле через колено из того же кабеля; в схеме на рис. 4, *г* кабель подключается через симметрирующий короткозамкнутый мостик, изготовленный из трубок. Обе конструкции примерно равноценны.

Длину U-колена для различных телевизионных каналов можно взять из табл. 2. Схема рис. 4, *д* применяется в случае использования в качестве фидера симметричного экранированного кабеля РД-13 с волновым сопротивлением 75 *ом*, схема на рис. 4, *е* — в случае использования симметричного неэкранированного ленточного кабеля КАТВ с волновым сопротивлением 300 *ом*.

Возможные способы подключения фидеров к вибратору Пистолькорса показаны на рис. 4, *ж*, *з* и *и*. Схема подключения через полуволновое U-колено на рис. 4, *ж* применяется при использовании несимметричных экранированных кабелей с волновым сопротивлением 75 *ом* (РК-75-4-15 и т. п.), схема на рис. 4, *з* — при использовании симметричного неэкранированного кабеля с волновым сопротивлением 300 *ом* (КАТВ), схема на рис. 4, *и* — при использовании симметричного экранированного кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* (РД-13). Длину полуволнового U-колена для различных телевизионных каналов можно взять из таблицы 2.

Таблица 2

Телевизионный канал	Длина U-образного колена, *мм*
Первый	1 900
Второй	1 600
Третий	1 240
Четвертый	1 120
Пятый	1 030
Шестой, седьмой	560
Восьмой, девятый	500
Десятый — двенадцатый	460

На рис. 4, *к* показана антенна, называемая четвертьволновым вертикальным вибратором. Её применяют обычно в случаях, когда антенну можно расположить над большой металлической поверхностью (например, для автомобильных станций).

Заметим, что для обеспечения согласования кабеля с антенной в схемах на рис. 4, *е* и *и* кабели подключаются через четвертьволновые согласующие трансформаторы, выполненные из отрезков кабеля.

Все рассмотренные схемы подключения фидеров к полуволновым вибраторам с равным успехом могут быть использованы как для передающих, так и для приемных антенн.

В качестве антенн с относительно большим коэффициентом усиления и лучшими направленными свойствами, чем у полуволнового вибратора, для приема телевидения и для УКВ любительских станций применяют антенны типа «волновый канал», состоящие из нескольких вибраторов.

Простейшая антенна этого типа состоит из двух вибраторов (рис. 5, *а*), расположенных в одной плоскости и закрепленных на стреле, изготовленной из металлической трубы, уголка или деревянного бруса.

В качестве одного из вибраторов, который называют активным (к этому вибратору подключается фидер), используют линейный полуволновый вибратор или полуволновый шлейф-вибратор (рис. 4, *а* и *б*). Второй вибратор двухэлементной антенны — пассивный (к нему фидер не подключается) — представляет собой металлическую трубку, закрепленную на стреле непосредственно, без всяких изоляторов. Этот вибратор называют также рефлектором. Крепление рефлектора активного вибратора производится симметрично относительно стрелы. Направление максимального излучения показано на рисунке стрелкой.

Трехэлементная антенна (рис. 5, *б*) помимо активного вибратора и рефлектора содержит еще один пассивный вибратор, называемый директором. Последний дополнительно усиливает излучение в главном направлении. В соответствии с этим трехэлементная антенна имеет больший, чем у двухэлементной антенны, коэффициент усиления и более узкую диаграмму направленности.

Пятиэлементная антенна (рис. 5, *в*), содержащая три директора, рефлектор и активный вибратор, имеет еще больший коэффициент усиления и более узкую диаграмму направленности.

Подключение фидеров к активным вибраторам многоэлементных антенн производится, как показано на рис. 4, *ж* — *и*.

Строить антенну с еще большим количеством директоров особого смысла не имеет, так как при увеличении числа директоров свыше трех происходит очень медленный рост коэффициента усиления, в то время как вес и сложность конструкции значительно возрастают. Если необходимо иметь очень большой коэффициент усиления, например, для дальнего приема телевидения, то строят синфазные антенны, состоящие из многоэлементных антенн типа «волновой канал», расположенных в несколько этажей или рядов.

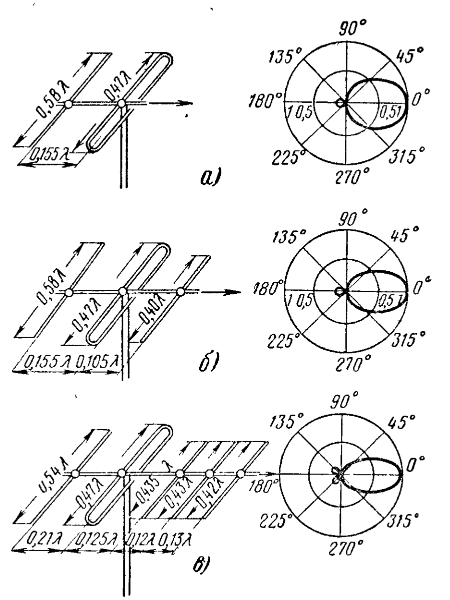


Рис. 5. УКВ антенны типа «волновой канал» и их диаграммы направленности.

а — двухэлементная (коэффициент усиления по напряжению 1,35); *б* — трехэлементная (коэффициент усиления по напряжению 1,85); *в* — пятиэлементная (коэффициент усиления по напряжению 2,4).

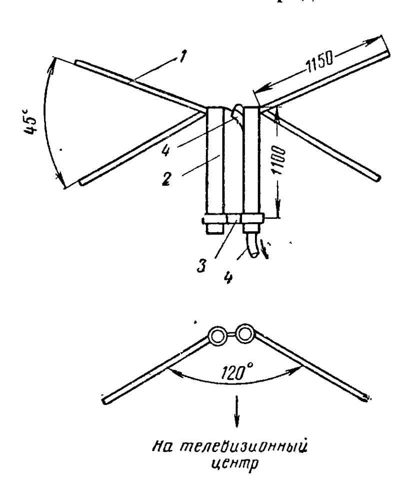


Рис. 6. Веерный вибратор на 12 каналов.

1 — трубки вибратора; *2* — трубки симметричного мостика; *3* — короткозамыкающая перемычка; *4* — кабель с волновым сопротивлением 75 *ом*.

В качестве широкополосной телевизионной антенны на 12 каналов может быть использован веерный вибратор, показанный на рис. 6.

Для приема передач цветного телевидения могут быть использованы те же антенны, что и для черно-белого, так как цветное изображение согласно принятой в нашей стране системе цветного телевидения передается без увеличения полосы частот телевизионного канала.

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ УКВ РАДИОСТАНЦИЯ [1]

Описываемая радиостанция предназначена для ведения двусторонней радиотелефонной связи в диапазоне 28,0—29,7 *Мгц* и рассчитана на начинающих радиолюбителей. Антенна может быть простейшей (например, в виде длинного провода). Питание радиостанции производится от сети переменного тока напряжением 127—220 *в*.

Радиостанция состоит из передатчика на трех пентодах и стабилитроне, приемника на трех пентодах (рис. 1) и блока питания, содержащего трансформатор и выпрямитель со сглаживающим фильтром.

Переход с передачи на прием осуществляется переключателем $П_{1а}$ — $П_{1б}$. В положении *Передача* к передатчику подключается антенна и подается питание на аноды и экранирующие сетки ламп $Л_1$ — $Л_3$. В положении *Прием* антенна переключается на вход приемника, а анодное напряжение — на лампы приемника. В среднем положении переключателя $П_{1а}$ — $П_{1б}$ антенна заземляется, а анодное напряжение выключается.

Схема передатчика. Задающий генератор передатчика собран по схеме с емкостной обратной связью. Эта схема проста в налаживании и обеспечивает достаточную стабильность генерируемой частоты. Колебательный контур задающего генератора состоит из катушки L_1 и конденсаторов C_1 — C_5. Для повышения стабильности частоты задающего генератора в контуре применен конденсатор C_1 с отрицательным температурным коэффициентом.

[1] Автор В. А. Ломанович.

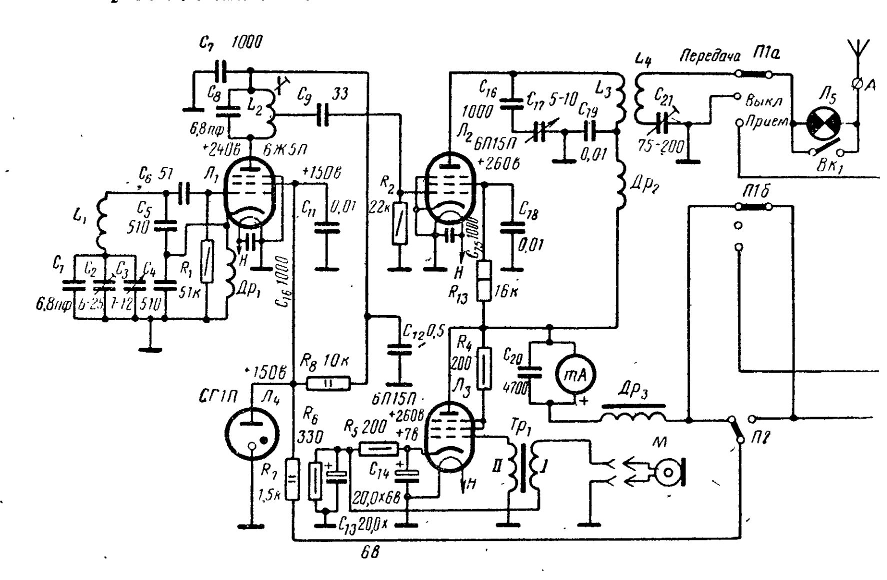


Рис. 1. Принципиальная схема приемопередатчика УКВ радиостанции.

Плавное перекрытие десятиметрового любительского диапазона осуществляется конденсатором переменной емкости C_3. При повороте его ручки на 180° частота задающего генератора изменяется в пределах 14,0—14,85 *Мгц*.

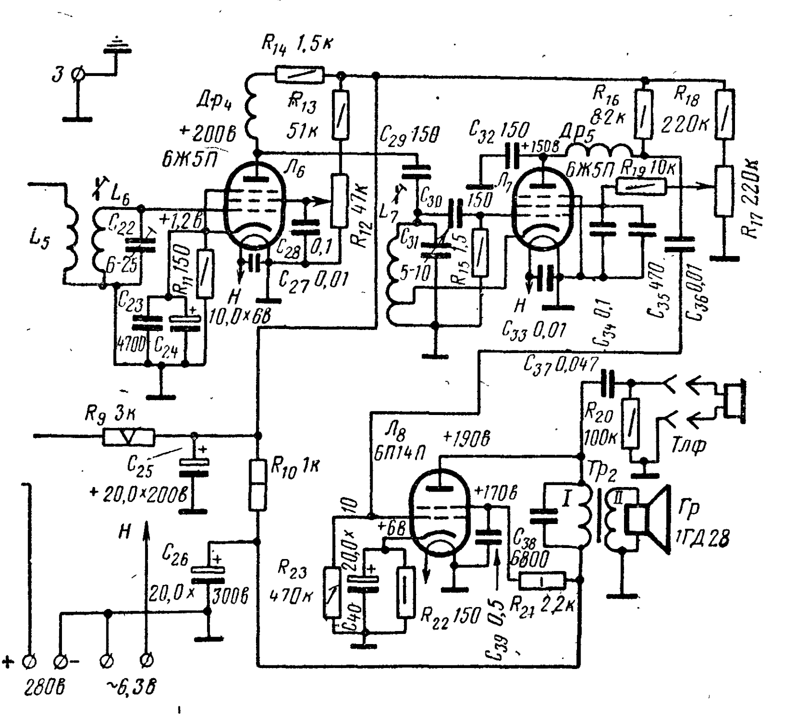
В анодную цепь лампы $Л_1$ включен контур, состоящий из катушки L_2 и конденсатора C_8, настроенный на среднюю частоту десятиметрового диапазона (28,85 *Мгц*). Величина напряжения высокой частоты на этом контуре на крайних частотах рабочего диапазона достигает 12—15 *в*. Напряжение высокой частоты с контура L_2C_8 через конденсатор C_9 поступает на управляющую сетку лампы $Л_2$ (6П15П), работающей в оконечном каскаде передатчика. Смещение на эту сетку задается с помощью резистора R_2, включенного между сеткой и катодом.

Анодный контур оконечного каскада состоит из катушки L_3 и конденсаторов C_{16} — C_{19}. Конденсатор C_{16} предохраняет источник высокого напряжения от короткого замыкания при случайном замыкании пластин конденсатора C_{17}. Дроссель $Др_2$ защищает цепи питания от проникновения в них тока высокой частоты.

Связь оконечного каскада передатчика с антенной индуктивная. Последовательно с катушкой связи L_4 включен подстроечный конденсатор C_{21}, с помощью которого осуществляется настройка антенной цепи. Лампочка накаливания $Л_5$, включенная в антенную цепь, используется, в качестве индикатора настройки. Тумблер $П_1$ служит для замыкания накоротко этой лампочки по окончании настройки.

Тумблер $П_2$ позволяет включать задающий генератор передатчика во время приема. Это необходимо для производства точной настройки своего передатчика на частоту корреспондента.

Пентод $Л_3$ (6П15П) используется в усилителе низкой частоты — модуляторе. Угольный микрофон включен в цепь первичной обмотки трансформатора $Тр_1$. Отрицательное смещение на управляющую сетку лампы $Л_3$ задается за счет падения напряжения на резисторах R_5 и R_6, включенных в цепь катода



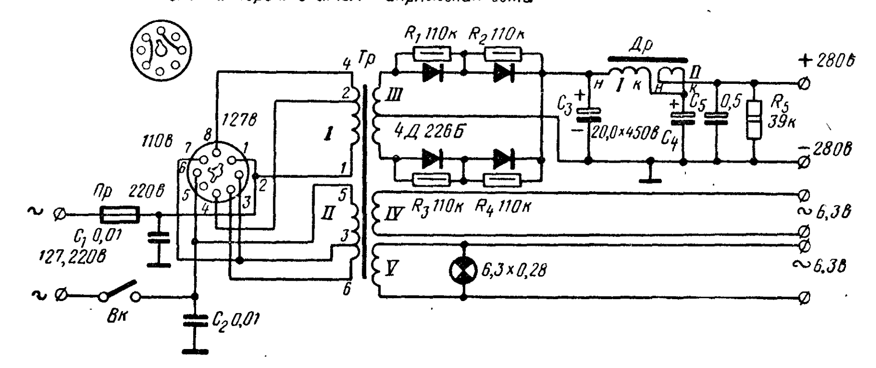


Рис. 2. Принципиальная схема выпрямителя радиостанции.

этой лампы. Часть этого напряжения, снимаемая с резистора R_6, используется для питания микрофона.

Анодно-экранные цепи ламп $Л_2$ и $Л_3$ питаются через низкочастотный модуляционный дроссель $Др_3$. При таком включении дросселя напряжение на аноде лампы $Л_2$ изменяется в такт с изменениями напряжения низкой частоты, возникающего на модуляционном дросселе $Др_3$. Величина переменного напряжения на дросселе зависит от изменений анодного тока модуляторной лампы $Л_3$, управляемого напряжением звуковой частоты, поступающего из микрофонной цепи. Изменения напряжения на анодах ламп $Л_2$ и $Л_3$ при модуляции вызывают колебания анодного тока и изменения амплитуды высокочастотных колебаний в контуре $L_3C_{16}—C_{18}$, т. е. амплитудную модуляцию колебаний высокой частоты.

Миллиамперметр постоянного тока, включенный последовательно с дросселем $Др_3$, служит индикатором настройки контура $L_4C_{16}-C_{18}$. Положение настройки этого контура в резонанс с колебаниями, поступающими на управляющую сетку $Л_2$ от задающего генератора, определяется по минимальному значению анодного тока $Л_2$.

Схема приемника. Приемник радиостанции выполнен по схеме 1-V-1. Связь с антенной осуществляется с помощью катушки L_5, намотанной на общем каркасе с катушкой входного контура приемника L_6C_{22}. Контур этот настраивается на среднюю частоту диапазона (28,85 *Мгц*). Он подключен к управляющей сетке лампы $Л_6$ усилителя высокой частоты. Во время приема обычно нет необходимости в точной подстройке этого контура на частоту принимаемой радиостанции. Однако такую возможность все же следует предусмотреть, расположив подстроечный конденсатор C_{22} на обратной стороне лицевой радиостанции так, чтобы его шлиц был против отверстия в панели. Это позволит легко перестраивать входной контур на крайние частоты диапазона (вращением с помощью отвертки ротора конденсатора C_{22}).

Дроссель высокой частоты $Др_4$ служит нагрузкой анодной цепи лампы $Л_6$. Отрицательное смещение на её управляющую сетку получается за счет падения напряжения на резисторе R_{11}, включенном в цепь катода. В цепь экранирующей сетки этой лампы включен делитель напряжения, составленный из резисторов R_{12} и R_{13}. Переменный резистор R_{12} позволяет изменять напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_6$, осуществляя таким способом регулировку чувствительности приемника.

Усиленный высокочастотный сигнал через конденсатор связи C_{29} поступает на контур L_7C_{31} регенеративного детектора, выполненного на пентоде 6Ж5П ($Л_7$).

Изменяя с помощью потенциометра R_{17} напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_7$, можно плавно регулировать величину обратной связи.

С резистора R_{16} напряжение низкой частоты подается через конденсатор C_{36} на управляющую сетку лампы $Л_8$ оконечного каскада. Отрицательное смещение на ее управляющую сетку задается за счет падения напряжения на резисторе R_{22}, включенном в цепь катода лампы $Л_8$, а на выход приемника через трансформатор $Тр_2$ включен динамический громкоговоритель 1ГД28. Кроме того, предусмотрено подключение к выходной цепи головных телефонов через цепочку, составленную из конденсатора C_{37} и резистора R_{20}.

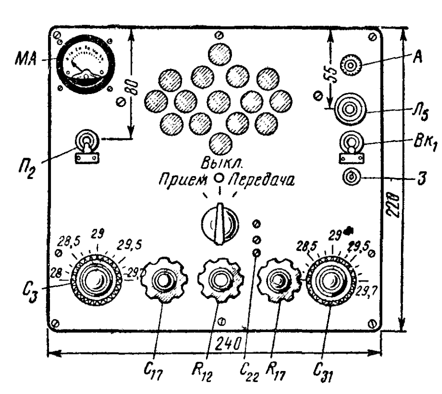


Рис. 3. Лицевая (фронтальная) панель радиостанции.

Выпрямитель. Выпрямитель для питания радиостанции двухфазный (рис. 2). В нем использованы четыре полупроводниковых диода типа Д226 или Д226Б. Выпрямитель дает постоянное напряжение около 280 *в* при токе величиной до 150 *ма*. Трансформатор питания $Тр_1$ содержит пять обмоток. Сетевые обмотки *I* и *II* имеют отводы и с помощью переключателя могут быть соединены последовательно или параллельно в зависимости от величины напряжения сети (110, 127 или 220 *в*). Повышающая обмотка *III* имеет вывод от средней точки (минус высокого напряжения). Обмотка *IV* используется для питания накала всех ламп радиостанции. Обмотка *V* предусмотрена для питания цепи накала усилительной приставки, схема которой приведена ниже.

Дроссель фильтра *Др* имеет компенсирующую обмотку, что позволяет снизить пульсации выпрямленного напряжения в 3—4 раза по сравнению с обычным дросселем.

Конденсаторы C_1 и C_2 служат для защиты приемника радиостанции от проникновения помех из сети. Нагрузочный резистор R_5 служит для некоторой стабилизации напряжения на выходе выпрямителя при переходе с передачи на прием и для разряда конденсаторов фильтра после отключения выпрямителя от сети.

Выпрямитель выполнен в виде отдельного блока, что позволяет использовать его для питания других конструкций.

Конструкция радиостанции. Приемо-передатчик радиостанции смонтирован на угловом шасси из дюралюминия размерами 240×210×140 *мм* с подвалом глубиной 60 *мм* (рис. 3, 4 и 5). В подвале шасси между лампами $Л_1$ и $Л_2$ устанавливается экранирующая перегородка размерами 110×60 *мм*. Она укрепляется под горизонтальной панелью на расстоянии 65 *мм* от края шасси. Для уменьшения внешних влияний на контур задающего генератора поперечную стенку в этой части шасси лучше сделать сплошной.

Рис. 4. Вид на монтажное шасси радиостанции сзади.

На передней панели шасси расположены гнезда антенны и заземления, ручки конденсаторов переменной ёмкости C_3, C_{17} и C_{31}, потенциометров R_{12} и R_{17} и переключателя $П_1$. Здесь же смонти-

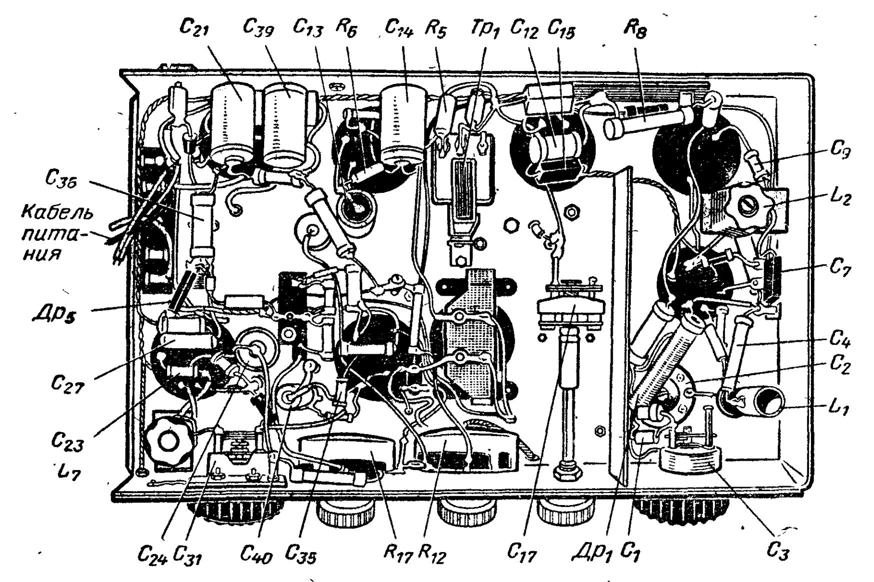


Рис. 5. Расположение деталей в подвале шасси.

рован миллиамперметр, патрон индикаторной лампочки $Л_5$, тумблеры $Вк_1$ и $П_2$ и подстроечный конденсатор входного контура приемника C_{22}. Лампы, катушки L_3, L_4, L_5, L_6, дроссель $Др_2$ и конденсаторы C_{19}, C_{20}, C_{21} размещены сверху горизонтальной панели. Все остальные детали расположены в подвале под горизонтальной панелью. Гнезда для включения телефонов и микрофона смонтированы на задней стенке шасси.

Катушки индуктивности и ВЧ дроссели радиостанции

Обозначение	Число витков	Марка и диаметр провода	Индуктивность, *мкгн*
L_1	20	ПЭЛ 0,65	4,1
L_2	10	МГ 1,2	1,6
L_3	10	ПЭЛ 2,0	1,8
L_4	4	ПЭЛ 2,0	0,9
L_5	3	ПМВ 0,75	0,6
L_6	11	МГ 0,65	1,6
$Др_1$, $Др_2$	90	ПЭЛШО 0,15	55
$Др_4$, $Др_5$	180	ПЭЛ 0,08	45

Детали. Данные катушек индуктивности и ВЧ дросселей приведены на рис. 6 и в таблице.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе с сильным натяжением провода.

Катушки L_3, L_4 — бескаркасные; L_2, L_5, L_6 намотаны на полистироловых каркасах диаметром 17 *мм* с подстроечными карбонильными сердечниками (можно применить каркасы от катушек КВ диапазона приемника «Звезда»). Катушка L_5 намотана поверх катушки L_6. Все катушки индуктивности можно выполнить на любых других подходящих каркасах из фторопласта, полистирола или органического стекла. Намотку катушек можно произвести проводами других марок и диаметра. В этих случаях придется рассчитать числа витков и произвести точную подгонку индуктивности.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ намотаны на каркасах резисторов ВС-2, $Др_4$ и $Др_5$ — на каркасах резисторов ВС-0,5 (резисторы должны быть высокоомными).

Конденсаторы переменной ёмкости C_3, C_{17} и C_{31} — воздушные подстроечные. Они имеют по одной неподвижной и по две подвижных пластины. При

отсутствии таких конденсаторов можно использовать керамические подстроечные конденсаторы типа КПК-1. Они устанавливаются на держателях и снабжаются удлинительными осями для ручек настройки (рис. 7). В конструкции использованы основания от пришедших в негодность переменных резисторов типа СП. Основание разбирают, очищают от пластмассы и в нем просверливают два отверстия диаметром 1,6 *мм* под резьбу М2. Ось резистора (деталь *1* на рис. 7) опиливают по приведенным размерам. Плоскость на её конце следует тщательно подогнать по размерам шлица на головке оси подстроечного конденсатора. Конец оси должен плотно, без люфта входить в шлиц подстроечника. Этим обеспечивается плавное вращение его оси.

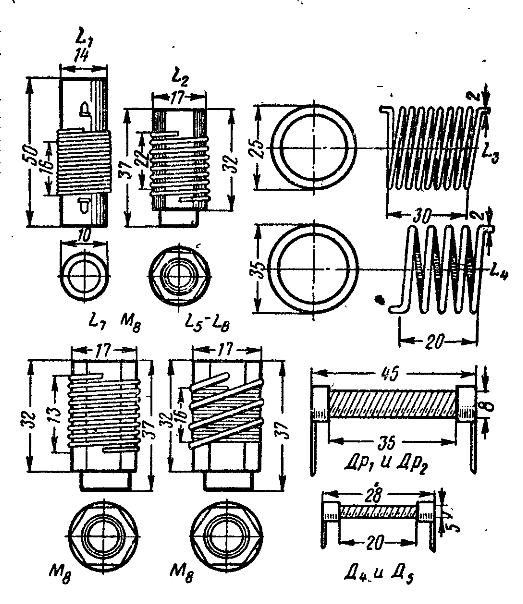


Рис. 6. Катушки индуктивности и высокочастотные дроссели.

Конденсатор переменной ёмкости собирается в следующем порядке. Устанавливают ось *1* во втулке и с помощью шайбы *4* закрепляют её в основании *2*, для чего концы этой шайбы сжимают плоскогубцами. После этого в крепежные отверстия конденсаторов КПК-1 пропускают два винта с резьбой М2 длиной по 15 *мм*. На винты надевают опорные втулки *3*, которые изготовляют из отрезков металлической трубки подходящего диаметра или сворачивают из листового металла. Шлиц оси должен быть точно совмещен с головкой подстроечника, который затем закрепляется винтами. Для большей эластичности крепления под головки винтов рекомендуется подложить небольшие картонные шайбы.

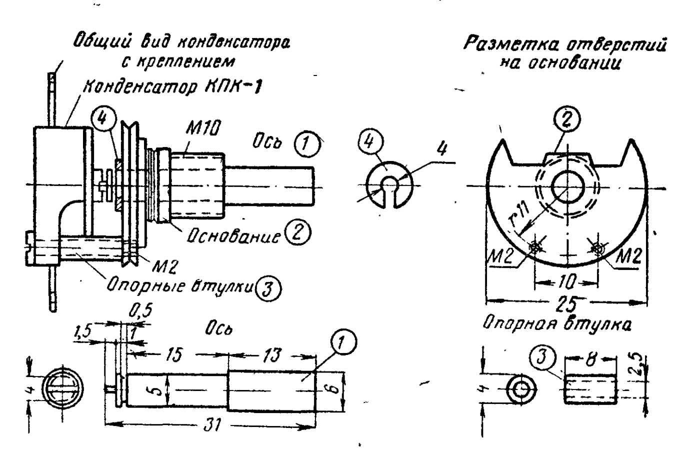


Рис. 7. Самодельные конденсаторы переменной емкости.

Подстроечные конденсаторы C_2 и C_{22} типа КПК-1, C_{21} — типа КПК-2. Постоянные конденсаторы C_1, C_4 — C_6, C_8, C_9, C_{16}, C_{29}, C_{30}, C_{32} — керамические типа КТ-1 или КД-1; C_7, C_{11}, C_{15}, C_{16}, C_{18} — C_{20}, C_{23}, C_{27}, C_{33} — C_{38} — бумажные типа БМ, БМТ, К40П-1 или же металлобумажные типа МБМ, МБГЦ, МБГТ; C_{12}, C_{34} и C_{38} — бумажные типа КБГ-МП; C_{13}, C_{14}, C_{24} и C_{40} — электролитические типа ЭМ или КЭ-1; C_{25} и C_{26} — электролитические типа КЭ-2 или К50-3.

Потенциометры R_{12} и R_{17} типа СП-I, СП3-4а или СП3-6а. Все постоянные резисторы типа МЛТ или ВС.

Переключатель рода работы $П_{1а}$ — $П_{1б}$ обычный галетный одноплатный переключатель на три положения, желательно с керамической платой. Выключатель $Вк_1$ и переключатель $П_2$ — тумблеры типа ТП1 или ТВГ. В целях уменьшения потерь рекомендуется для ламп $Л_1$, $Л_2$, $Л_6$ и $Л_7$ применять керамические панели.

Микрофонный трансформатор $Тр_1$ собран на П-образном сердечнике сечением 0,5 *см*². Обмотка *I* содержит 300 витков провода ПЭЛ 0,45 и обмотка *II* — 6 000 витков провода ПЭЛ 0,1.

Трансформатор $Тр_2$ — от телевизора «Воронеж». Его магнитопровод собран из пластин Ш16, толщина набора 24 *мм*. Обмотка *I* содержит 2 940 витков провода ПЭЛ 0,12 и обмотка *II* — 90 витков провода ПЭЛ 0,64.

Трансформатор питания выпрямителя взят от приемника «Звезда-54». Его можно самостоятельно изготовить на магнитопроводе из пластин Ш29. Толщина набора 42 *мм*. Обмотки *I* и *II* (рис. 2) содержат по 698 витков провода ПЭЛ 0,33; отводы от 93-го витка. Повышающая обмотка *III* содержит 3 600 витков провода ПЭЛ 0,2; отвод от средней точки. Обмотка *IV* содержит 39 витков провода ПЭЛ 1,0 и обмотка *V* — 39 витков провода ПЭЛ 0,59. Дроссель фильтра выпрямителя взят от приемника «Фестиваль». Его можно изготовить, намотав на сердечнике из пластин Ш-16, набор 16 *мм*, 3 300 витков провода ПЭЛ 0,15 (основная обмотка *I*) и 100 витков провода ПЭЛ 0,15 (компенсационная обмотка *II*). Конец основной обмотки соединяют с концом компенсационной обмотки.

Дроссель $Др_3$ намотан на сердечнике из пластин Ш-12, толщина набора 15 *мм*, зазор 0,2 *мм*, обмотка 5 000 витков провода ПЭЛ 0,1.

Угольный микрофон любого типа с капсюлем НО. Монтаж высокочастотных цепей радиостанции производится медным посеребренным проводом диаметром 1—1,5 *мм* так, чтобы соединительные провода между выводами деталей были возможно короче. Монтаж остальных цепей может быть выполнен любым монтажным проводом с полиэтиленовой изоляцией (например, марки МГШП). Для предотвращения возбуждения на низкой частоте сеточные цепи УНЧ рекомендуется выполнить экранированным проводом. Такой же провод следует применить для прокладки цепей накала ламп передатчика; если подходящего экранированного провода нет, то эти цепи следует выполнить шнуром, сплетенным из двух отдельных изолированных проводников.

Налаживание радиостанции. Налаживание радиостанции следует начать с проверки блока питания. Он должен давать без нагрузки выпрямленное напряжение 300 *в* для питания анодно-экранных цепей ламп радиостанции и переменное напряжение 6,3 *в* (с обмоток *IV* и *V* трансформатора питания) — для питания цепей накала. Убедившись в работоспособности выпрямителя, его подключают к приемо-передатчику и проверяют напряжение на электродах всех ламп. При этом надо иметь в виду, что все напряжения, показанные на схеме рис. 1, могут отличаться в пределах $\pm 15 \div 20\%$ из-за разброса параметров деталей. Напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_6$ меняется от нуля до +90 *в*, а напряжение на ее катоде от +0,5 до +1,2 *в*. Так же изменяется напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_7$ в зависимости от положения ручки потенциометра R_{17}.

При наличии контрольного градуированного приемника или волномера налаживание радиостанции следует начинать с передатчика. Прежде всего нужно убедиться в нормальной работе задающего генератора. Вначале следует временно заменить контур L_2C_8 высокочастотным дросселем (подобным

Др$_1$). Наличие колебаний высокой частоты в контуре L_1C_1 — C_5 проверяют по показаниям миллиамперметра постоянного тока, включенного в анодную цепь лампы *Л*$_1$. При нормальной работе каскада его анодный ток должен иметь величину 7—8 *ма*. При отсутствии генерации ток возрастает до 20—25 *ма*, в чем легко убедиться, сорвав генерацию прикосновением руки к выводу управляющей сетки лампы *Л*$_1$. Индикатором наличия высокочастотных колебаний в контуре задающего генератора может также служить неоновая лампочка, например типа МН-3. При прикосновении одним из выводов неоновой лампочки к анодному гнезду панели лампы *Л*$_1$ неоновая лампа должна светиться. Иногда даже при правильном монтаже и исправности всех деталей причиной отсутствия самовозбуждения задающего генератора может быть слишком малая общая емкость группы конденсаторов C_1—C_3. В этом случае следует увеличить емкость подстроечного конденсатора C_2 или заменить конденсатор C_1 другим, большей емкости.

Установив наличие высокочастотных колебаний в контуре задающего генератора, приступают к проверке его рабочей частоты и подгонке диапазона. Для этого ротор конденсатора C_3 устанавливают в положение максимальной емкости и с помощью волномера или градуированного приемника определяют минимальную частоту, на которую может быть настроен задающий генератор. Она должна быть равной 14 *Мгц*. Если частота выше, то следует добиться настройки задающего генератора на частоту 14 *Мгц* изменением емкости подстроечного конденсатора C_2. Когда это не удается, приходится увеличивать индуктивность катушки L_1, домотав один-два витка.

Можно рекомендовать при изготовлении катушек увеличивать числа их витков на 10—15% по сравнению с указанными в табл. 1. Сматывать лишние витки в процессе налаживания значительно проще, чем доматывать недостающие витки или перематывать катушку.

Настроив задающий генератор на частоту 14 *Мгц*, устанавливают ротор конденсатора C_3 в положение минимальной емкости и проверяют высшую частоту диапазона задающего генератора. Она должна равняться 14,85 *Мгц*.

При правильно произведенной настройке поворот ротора конденсатора C_1 на 180° должен обеспечивать изменение частоты задающего генератора от 14,0 до 14,85 *Мгц*. При подгонке диапазона следует учитывать, что чем больше будет емкость подстроечного конденсатора C_2 и постоянного конденсатора C_1, тем меньше будет перекрытие диапазона. Окончательные величины емкостей конденсаторов устанавливают после проверки стабильности частоты задающего генератора с помощью кварцевого калибратора или хорошо отградуированного приемника.

После включения и прогрева передатчика частота генерируемых колебаний снижается. Если изменение частоты после 15-минутного прогрева больше 3 000—4 000 *гц*, то конденсатор C_1 следует заменить двумя параллельно включенными керамическими конденсаторами с общей емкостью, равной емкости C_1. Один из них должен иметь отрицательный температурный коэффициент емкости (эти конденсаторы имеют голубую, красную или зеленую окраску корпуса); емкость его подбирается опытным путем.

Необходимо добиться, чтобы при прогреве передатчика уход частоты был минимальным. Между проверками стабильности частоты нужно делать перерывы не менее 30—40 *мин* (выключать на это время передатчик). Контрольный приемник или кварцевый калибратор при этом не выключаются.

После уточнения параметров контура задающего генератора выключают дроссель из анодной цепи лампы *Л*$_1$, включают в нее контур L_2C_8 и с помощью подстроечного сердечника L_2 настраивают этот контур на среднюю частоту диапазона (28,85 *Мгц*). Сеточный контур при этом должен быть точно настроен на частоту 14,425 *Мгц*. Момент настройки анодного контура в резонанс на частоту 28,85 *Мгц* определяют с помощью волномера и простейшего ВЧ пробника — витка провода, замкнутого на лампочку накаливания 2,5 *в*×0,075 *а*, который подносят к катушке L_2.

Далее необходимо произвести градуировку задающего генератора. Градуировочные точки наносят на шкалу настройки конденсатора C_3 через каждые 0,1—0,2 *Мгц*.

Налаживание задающего генератора заканчивают подбором сопротивления резистора R_8. Его величина должна быть такой, чтобы ток через стабилитрон $Л_4$ был равен 15—20 *ма*.

Налаживание оконечного каскада передатчика (усилителя мощности) сводится к настройке его анодного контура в резонанс с частотой задающего генератора и проверке режима лампы $Л_2$. При полностью введенном роторе конденсатора C_{17} контур этот должен быть настроен на частоту 28,0 *Мгц*, а при минимальной емкости — на 29,7 *Мгц*. Если это не получается, следует подогнать величину индуктивности катушки L_3 путем изменения расстояния между ее витками, домоткой или отмоткой 0,5—1 витка. Положение настройки анодного контура оконечного каскада передатчика в резонанс с частотой задающего генератора определяют по минимуму показаний миллиамперметра, расположенного на вертикальной панели радиостанции. Необходимо проверить, нет ли самовозбуждения в оконечном каскаде. Сорвав каким-либо способом колебания в контуре задающего генератора (например, замкнув накоротко катушку L_1), проверяют ВЧ пробником или ГИР отсутствие паразитных высокочастотных колебаний в контуре оконечного каскада при всех положениях ротора конденсатора C_{17}. В случае самовозбуждения этого каскада точку соединения конденсатора связи C_9 с катушкой L_2 необходимо сместить на один-два витка ближе к верхнему по схеме концу этой катушки. Обычно конденсатор C_9 подключают к третьему или четвертому витку катушки L_2 (считая от анода лампы $Л_1$).

В нормально работающем оконечном каскаде при напряжении на аноде лампы $Л_2$ 260 *в* величина ее анодного тока находится в пределах 30—35 *ма*. При этом напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_2$ 160—170 *в*, ток 8—9 *ма*.

Общий ток, потребляемый от выпрямителя передатчиком, равен 75—80 *в*, приемником — 45—50 *ма*.

После подгонки диапазона передатчика и налаживания оконечного каскада подбирают оптимальную связь с антенной. Для этого, меняя положение витков катушки L_4 относительно катушки L_3, добиваются наиболее яркого свечения лампочки $Л_5$. Одновременно производят настройку антенной цепи в резонанс с частотой генерируемых передатчиком колебаний с помощью подстроечного конденсатора C_{21}. Лампочка $Л_5$ должна наиболее ярко светиться примерно при среднем положении ротора конденсатора C_{21}. Если этого нет, подгоняют индуктивность катушки L_4, изменяя расстояние между ее витками.

Налаживание модулятора сводится в основном к подбору величин сопротивлений резисторов R_5 и R_6, зависящих от типа примененного микрофона. Для удобства такого подбора резистор R_6 можно временно заменить переменным резистором сопротивлением 1—1,5 *ком*. После того как найдена наивыгоднейшая величина сопротивления этого резистора, нужно ее измерить и заменить переменный резистор постоянным с таким же сопротивлением. Полезно проверить величину тока через микрофон. Он не должен превышать 25—30 *ма*; при большем токе возможно спекание угольного порошка.

Когда перед микрофоном произносят «а», ток в анодной цепи лампы $Л_2$ правильно настроенного передатчика должен увеличиваться на 5—7 *ма*. Яркость свечения лампочки-индикатора $Л_5$ также должна соответственно изменяться.

Налаживание приемника. Наиболее ответственной частью процесса регулировки и настройки приемника радиостанции является налаживание регенеративного детектора. При вращении ручки потенциометра R_{17} колебания должны возникать «мягко», амплитуда их должна плавно возрастать при увеличении обратной связи и плавно убывать при ее уменьшении. Оптимальный режим устанавливается путем практического подбора наивыгоднейшей точки присоединения катода лампы $Л_7$ к катушке L_7. Обычно она располагается в пределах 1,5—2,5 витка катушки L_7, считая от ее заземленного конца. Одновременно подбирают наивыгоднейшую величину сопротивления резистора R_{18} с таким расчетом, чтобы генерация возникла примерно при среднем положении движка потенциометра R_{17}.

После регулировки режима обратной связи производят подгонку диапазона приемника. Лучше всего это сделать при помощи сигнал-генератора. Можно воспользоваться для этого волномером, ГИР или градуированным приемником. В последнем случае детекторный каскад налаживаемого приемника ставят в режим генерации, чтобы иметь возможность обнаружить ее на контрольном приемнике, и добиваются, чтобы при среднем положении ротора переменного конденсатора C_{31} контур L_7C_{31} был бы настроен на частоту 28,85 *Мгц*.

Затем переходят к настройке каскада усиления высокой частоты. На антенный вход приемника подают от генератора сигнал частотой 28,85 *Мгц* и величиной порядка 20 *мкв* и с помощью подстроечного сердечника катушки L_6 настраивают контур L_6C_{22} на эту частоту.

Далее проверяют, нет ли самовозбуждения в каскаде УВЧ. При наличии такового настройка контура L_6C_{22} в резонанс с поступающим сигналом получается очень расплывчатой. Для устранения самовозбуждения каскада УВЧ приемника необходимо по возможности уменьшить связь между анодной и сеточной цепями лампы $Л_6$. Если будет обнаружено, что самовозбуждение каскада возникает лишь при некотором положении ручки потенциометра R_{12}, то следует несколько увеличить сопротивление резистора R_{13}.

В заключение налаживания приемника следует подобрать наивыгоднейшую точку подключения управляющей сетки лампы $Л_6$ к катушке L_6 и оптимальную величину связи между катушками L_5 и L_6, руководствуясь наибольшей громкостью воспроизведения сигнала громкоговорителем (телефоном). Для лучшего контроля параллельно телефонам рекомендуется подключить индикатор выхода, например В3-10А, или вольтметр переменного тока.

Определив наивыгоднейшую точку соединения управляющей сетки лампы $Л_6$ с контуром L_6C_{22}, подбирают наивыгоднейшую связь между катушками L_5 и L_6 (путем изменения расстояния между витками катушки L_5 и перемещения их относительно витков катушки L_6). Последнюю операцию лучше всего проделать во время приема слабо слышимых станций.

Градуировку приемника можно произвести с помощью своего передатчика (если его удалось ранее проградуировать, например, в помощью волномера). Для этого переключатель $П_{1а}$ — $П_{1б}$ устанавливают в положение *Прием* и переключателем $П_2$ включают питание задающего генератора, работу которого прослушивают на своем приемнике. Ручку потенциометра R_{12} устанавливают в положение минимальной чувствительности (нулевое напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_6$). Следует добиться точного совпадения границ рабочих диапазонов приемника и передатчика радиостанции.

Дополнительный усилитель низкой частоты (рис. 8) позволяет использовать в передатчике электродинамический или пьезоэлектрический микрофон, например типа МДМ-1, МД-41, МД-47 и др. Эти микрофоны обладают значительно лучшими характеристиками, чем угольные.

Усилитель может быть смонтирован в виде приставки на отдельном маленьком шасси или же детали его размещаются на общем шасси радиостанции, длину которого при этом нужно увеличить на 20—30 *мм*.

Конденсатор C_2 слюдяной типа КСО-1 или керамический КТ-1; C_1, C_5 и C_4 — бумажные конденсаторы типа БМ, БМТ или металлобумажные типа МБМ; C_3 — электролитический конденсатор типа КЭ-2 или К50-3. Переменный резистор R_8 типа СП-I. Переменный резистор R_3 проволочный типа ППЗ-11. Все постоянные резисторы типа МЛТ или ВС.

Питание накала лампы усилителя производится от обмотки трансформатора питания (рис. 2).

Налаживание микрофонного усилителя не отличается от налаживания других усилителей низкой частоты. На выход усилителя можно подключить головные телефоны, подать на вход небольшое напряжение звуковой частоты (от генератора или трансляционной сети), чтобы убедиться в прохождении сигнала и отсутствии искажений. После этого включают на вход усилителя динамический микрофон и прослушивают его работу в телефонах.

Если при подключении усилителя к передатчику возникает самовозбуждение, то следует тщательно проверить экранирование сеточных и анодных цепей усилителя, надежность контактов и всех паек проводников и экранов.

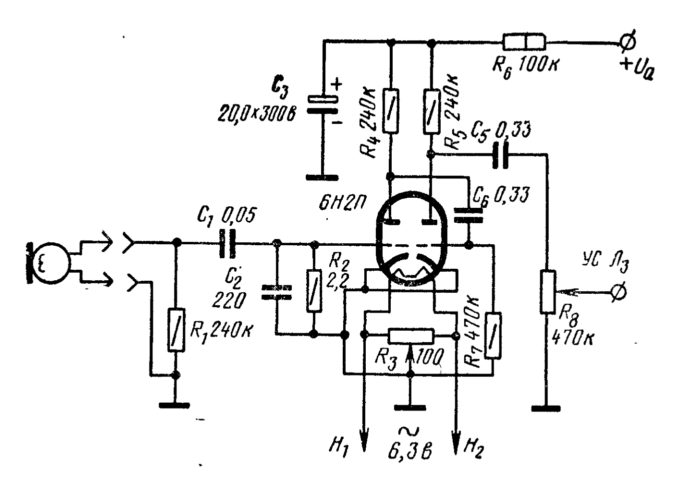


Рис. 8. Принципиальная схема усилительной приставки для динамического микрофона.

Минимальный уровень фона на выходе усилителя устанавливается вращением движка потенциометра R_3.

В заключение скажем, что вместо ламп типа 6Ж5П и 6П15П в передатчике могут быть применены лампы 6Ж4 ($Л_1$) и 6П9 ($Л_2$ и $Л_3$). Стабилитрон СГ1П можно заменить стабилитроном СГ4С. В приемнике можно использовать те же типы ламп, что и в передатчике: $Л_6$ и $Л_7$ типа 6Ж4, $Л_8$ типа 6П9. В микрофонном усилителе вместо лампы типа 6Н2П можно использовать лампу 6Н9С.

Приступать к постройке радиостанции можно только после получения разрешения от инспекции электросвязи областного (краевого, республиканского) управления Министерства связи. Для получения разрешения следует обратиться в местный радиоклуб или комитет ДОСААФ.

ПРИЕМНИК НАЧИНАЮЩЕГО «ЛИСОЛОВА» [1]

Схема. Приемник построен по схеме прямого усиления 2-V-3 (рис. 1). Первый апериодический каскад усиления ВЧ собран на транзисторе П402 (T_1) по схеме с общим коллектором. Контур рамочной антенны L_1 C_1, настроенный на частоту 3,55 *Мгц*, включен в цепь базы этого транзистора. Контур $L_2C_5C_6$ является нагрузкой второго каскада усилителя ВЧ на транзисторе П402 (T_2). Он настраивается в диапазоне частот 3,6—3,65 *Мгц*.

Детектор однополупериодный на любом из диодов Д9Б — Д9К. Усилитель НЧ трехкаскадный на транзисторах МП39 (T_3 — T_5). Первый его каскад собран по схеме с общим коллектором , а второй и третий по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой третьего каскада служат низкоомные телефоны (100 *ом*). Переключателем $П_1$ к рамочной антенне подключается штыревая для формирования кардиоиды [2]. Потенциометр R_3 служит регулятором усиления. Внутренняя обратная связь по ВЧ через транзистор T_2 способствует повышению чувствительности и избирательности приемника. Глубина обратной связи регулируется потенциометром R_3. В верхнем на схеме положении движка R_3 усиление и обратная связь максимальны. При этом может наступить гене-

[1] Автор А. Гречихин, мастер спорта, «Радио» № 3, 1966.

[2] Кардиоидой называют диаграмму направленности антенны, состоящую из одного лепестка, напоминающего по форме сердце (показана справа от переключателя $П_1$).

Приемник с антенной, имеющий форму кардиоиды, позволяет определить направление, откуда приходит радиосигнал по наибольшей его громкости в телефонах. (*Прим. ред.*)

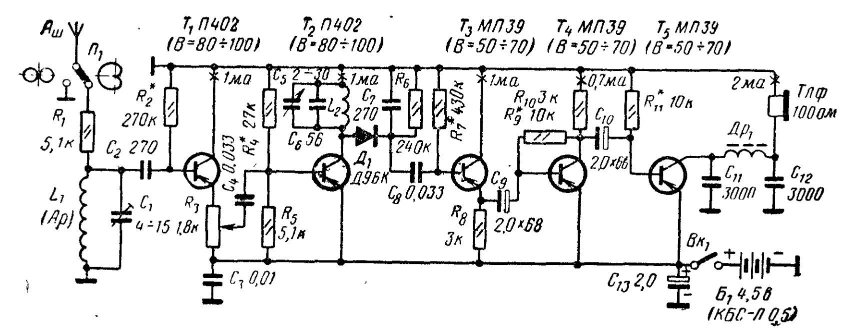


Рис. 1.

L_1 (рамочная антенна) — 6 витков провода ПМВ 0,5 *мм*²; L_2 — на каркасе диаметром 15 *мм* в один слой виток к витку, 60 витков провода ПЭВ 0,25 *мм*; $Др_1$ — на ферритовом стержне 600 НН диаметром 3 *мм*, длиной 12 *мм*, 100—200 витков провода ПЭВ 0,15 *мм*; R_3 — потенциометр типа СП-0,4; C_5 — подстроечный конденсатор с воздушным диэлектриком.

рация. Чтобы приемник не излучал, следует работать при таком положении движка потенциометра R_3, при котором усиление большое, но усилитель еще не самовозбуждается. Фильтр $C_{11}Др_1C_{12}$ препятствует попаданию сигнала с выхода приемника на его вход через шнур телефонов.

Конструкция. Эскиз конструкции приемника показан на рис. 2. Первый каскад усилителя ВЧ монтируется вместе с входными цепями в отсеке, отделенном от остальных каскадов экраном-перегородкой. Укладку витков рамочной антенны удобно производить после установки кольца из алюминиевой трубки, в котором они расположены, в корпус приемника, сделанный из алюминия 1—1,5 *мм*.

Перед настройкой контуров приемника нужно установить указанные на схеме коллекторные токи транзисторов путем подбора резисторов R_2, R_4, R_7, R_9, R_{11} в цепях баз. Контуры L_1C_1 и $L_2C_5C_6$ лучше предварительно настроить с помощью ГИР. Окончательная настройка производится по ГСС. Емкость конденсатора C_6 подбирается такой, чтобы при среднем положении ротора конденсатора переменной емкости контур $L_2C_5C_6$ был бы настроен на частоту

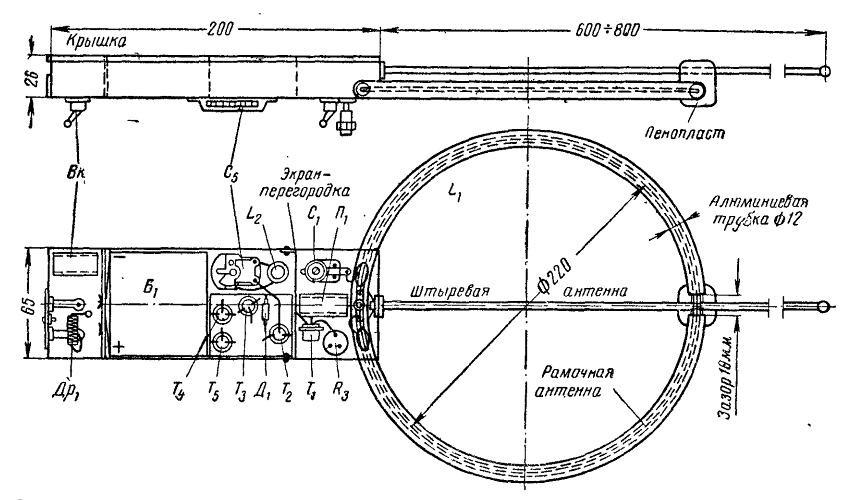


Рис. 2.

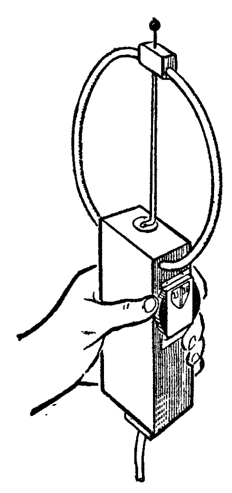


Рис. 3.

3,55 *Мгц*. Сигнал от ГСС на контуры при настройке подается через виток связи, подносимый к рамке на расстояние 10—50 *см*. Во время настройки контура L_1C_1 это расстояние должно быть не меньше 50 *см*.

Подбор резистора R_1 производится при испытании приемника с вертикальной антенной в лесу или в поле на расстоянии не менее 50—100 *м* от передатчика. Нужно добиться максимального отношения громкостей приема при направлении на передатчик (максимума и минимума кардиоиды). Вместо подбора R_{11} можно изменять длину штыря. При настройке удобно поставить вместо постоянного резистора R_{11} потенциометр. Настройку кардиоиды производят при закрытой крышке приемника.

Советы по монтажу. Обязательна тщательная экранировка всего приемника в целом и отдельных его каскадов, особенно входных цепей и усилителя ВЧ.

Экранировка одновременно должна служить надежной защитой от влаги. При поиске «лисы» во время дождя капли не должны попадать в монтаж. Отверстия для настройки и щели можно заклеивать изоляционной лентой, втулки и выключатели промазывать техническим или чистым вазелином (но не борным!).

Сигнал может попасть в приемник через провода питания и телефонов. Поэтому батарею нужно разместить в корпусе приемника, а телефон подключать через фильтр $C_{11}Др_1C_{12}$, пропускающий звуковые частоты и задерживающие высокие.

Монтаж приемника должен обеспечивать свободный доступ к потенциометрам, лампам, транзисторам, выключателям и переключателям для того, чтобы их можно было заменить в случае отказа в работе. Монтаж должен быть жестким, надежным. Все пайки осуществляются с обязательной заделкой концов. Нельзя оставлять незакрепленные детали и провода.

Приемник должен открываться легко и быстро, чтобы можно было оперативно устранить мелкие неисправности даже в ходе поиска «лисы» на трассе.

Наиболее удобна такая конструкция приемника, при которой его можно носить в руке (лучше в левой), охватывая пальцами за корпус в центре тяжести.

Размещение и конструкция органов управления должны быть такими, чтобы «охотнику» было удобно пользоваться ими, но в то же время было невозможно случайно изменить их положение.

Главные органы регулировки следует располагать так, чтобы ими можно было управлять пальцами той руки, в которой находится приемник (рис. 3). Особенно это касается ручки настройки, так как очень трудно на бегу (и даже на ходу) настроить приемник на слабый сигнал другой рукой. Орган настройки должен иметь разборчивую отградуированную шкалу, верньер и стопор. Рабочий диапазон частот должен занимать 60—120° шкалы.

САМОДЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ НАЛАЖИВАНИЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ УКВ АППАРАТУРЫ

Двухпроводная измерительная линия [1]

Измерительная линия служит для непосредственного определения длины волны генератора. Линия состоит из двух проводников *1* (рис. 1), соединяемых между собой передвижной замыкающей перемычкой *6* и петлей (витком) *5* для связи с генератором.

На рис. 1 показана одна из возможных конструкций измерительной линии. Медные провода *1* диаметром 0,8—1,5 *мм* и длиной в 1,5 раза больше,

[1] Книга сельского радиолюбителя. Изд-во ДОСААФ, 1961.

чем наибольшая измеряемая волна, натянуты между двумя планками *2* из изоляционного материала (органическое стекло, гетинакс и т. п.). Концы проводов укреплены в одной планке наглухо, а в другой — при помощи шпилек *3*, снабженных резьбой (для натягивания проводников). Планки снабжены струбцинами *4*, которые служат для укрепления линии.

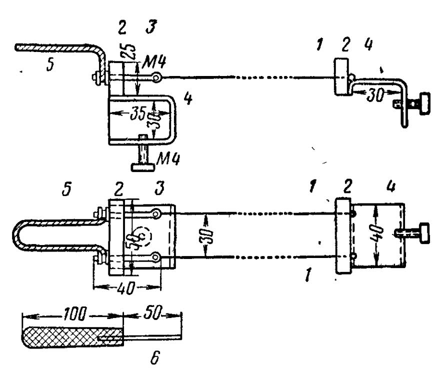


Рис. 1. Конструкция двухпроводной измерительной линии.

При измерении длины волны генератора к его контуру подносится пробник с лампочкой накаливания (рис. 2) на такое расстояние, при котором лампочка будет гореть с недокалом. Измерительную линию при помощи петли *5* (из медного провода диаметром 1,5—2 *мм*) связывают с контуром генератора. Перемещая закорачивающую перемычку *6* (кусок медного провода диаметром 1,5—2 *мм* с изоляционной рукояткой) вдоль линии, отмечают точки, где свечение лампочки резко уменьшается. Измерив линейкой (или рукояткой) расстояние между этими точками и умножив его на 2, получим длину волны колебаний, подведенных к линии.

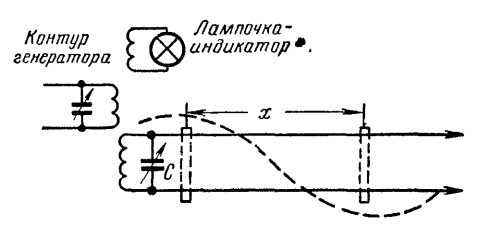


Рис. 2. Определение длины волны генератора путем измерения расстояния между пучностями тока на линии.

При измерении необходимо перемещать перемычку перпендикулярно обоим проводам линии, следя за надежностью контакта. Связь между генератором и линией должна быть минимальной (при которой можно еще достаточно четко отмечать точки резонанса).

Измерительная линия может быть использована для градуировки регенеративных и сверхрегенеративных приемников. В этом случае ее связывают с контурной катушкой приемника и определяют точки резонанса по срыву генерации регенеративного приемника и прекращению характерного шума, сопровождающего работу сверхрегенеративного детектора.

Длина линии может быть уменьшена до 0,6—0,7 максимальной длины измеряемой волны. Достигается это с помощью небольшого конденсатора переменной емкости *C* (рис. 2), подключенного параллельно замкнутому концу линии. Он должен иметь максимальную емкость 50—100 *пф*. Ротор конденсатора устанавливается в такое положение, при котором точка второй пучности тока возможно ближе к входу линии. Если сместить пучность тока близко к входу линии не удается, можно параллельно конденсатору переменной емкости подключить дополнительно небольшой конденсатор постоянной емкости типа КТ или КСО или увеличить на один-два витка катушку связи линии с генератором.

Резонансный волномер-индикатор поля *

На каждой любительской радиостанции должен быть резонансный волномер. Ниже приводится описание конструкции простейшего волномера, постройка которого доступна начинающему любителю.

* Ломанович В. А. Радиостанция сельского коротковолновика. Изд-во ДОСААФ, 1961.

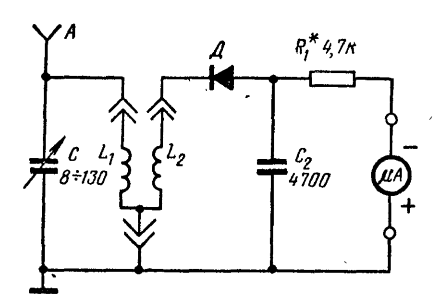


Рис. 3. Принципиальная схема резонансного волномера-индикатора поля.

Принципиальная схема волномера приведена на рис. 3. Он выполнен в виде высокочастотной приставки к авометру (например, ТТ-1, Ц430 и др.). К волномеру в качестве индикатора может быть подключен также любой микроамперметр постоянного тока с пределом измерения 50—500 *мка*. В схему волномера входит параллельный резонансный контур L_1C, который с помощью катушки L_2 индуктивно связан с цепью индикатора, состоящей из точечного германиевого диода (например Д9В), резистора R_1 и микроамперметра. Конденсатор C_2 блокирует по высокой частоте нагрузку диода. Конденсатор переменной емкости C_1 берется с воздушным диэлектриком; он может быть заменен керамическим подстроечным конденсатором типа КПК, который монтируется на основании с удлиненной осью для ручки настройки. На корпусе волномера монтируется изолированное гнездо *А*, с помощью которого к колебательному контуру волномера может подключаться штыревая антенна, превращающая его в индикатор поля.

Волномер монтируется на коробчатом шасси из дюралюминия размером 60×50×45 *мм*. Сверху горизонтальной панели шасси устанавливаются панелька для сменных катушек индуктивности и гнездо для штыревой антенны. Все остальные детали волномера монтируются внутри подвала шасси. Гнезда для подключения микроамперметра выводятся на заднюю стенку шасси. Микроамперметр можно смонтировать вместе с волномером на общем шасси. На ось конденсатора переменной емкости C_1 надевается лимб с 100-градусной шкалой.

Сменные катушки индуктивности волномера (рис. 4) намотаны на полистироловых цилиндрических каркасах диаметром 20 *мм*, расстояние между катушкой контура и катушкой связи 2 *мм*. Моточные данные катушек приведены в таблице.

Для намотки катушек волномера можно применить каркасы подходящего диаметра из другого изоляционного материала.

В каждый каркас запрессовывается по три контактные шпильки (можно использовать ножки от перегоревших радиоламп), к которым припаиваются концы катушек индуктивности. Для предохранения обмоток катушек поверх них надеваются защитные стаканчики, выточенные из полистирола или органического стекла. Можно для этой цели воспользоваться целлулоидом (например, оклеив катушки фотопленкой). Градуировку волномера лучше всего произвести с помощью гетеродинного индикатора резонанса. Если при градуировке обнаружится «провал» между диапазонами (т. е. высшая частота, которая может быть получена с первой сменной катушкой, окажется меньше начальной частоты, получающейся со второй катушкой), следует произвести подгонку вели-

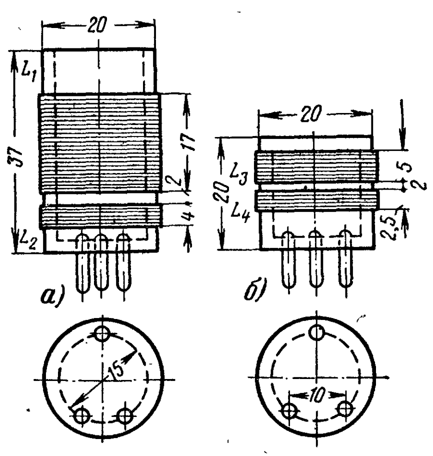


Рис. 4. Сменные катушки волномера.

а — на диапазон 3,1—11 *Мгц*; *б* — на диапазон 10—35 *Мгц*.

чины индуктивности одной из катушек. При наличии микроамперметра со шкалой на 50—100 *мка* можно произвести градуировку волномера с помощью гетеродина какого-либо градуированного коротковолнового приемника. При этом только следует учесть, что частота гетеродина приемника будет отличаться от частоты, взятой со шкалы приемника, на величину, равную значению промежуточной частоты этого приемника.

Градуировку волномера можно произвести с помощью двухпроводной измерительной линии.

При выполнении градуировки волномера любым из описанных выше способов связь катушки волномера с градуировочным генератором следует установить наименьшую, чтобы свести к минимуму возможный уход частоты генератора из-за расстройки, вносимой контуром волномера. Правильно проградуированный волномер обеспечивает возможность измерения частоты с точностью 1—3%.

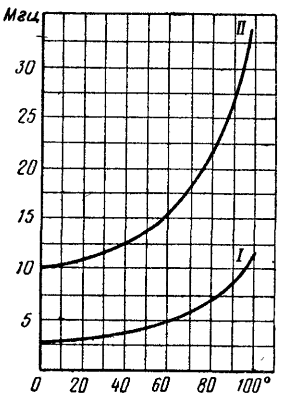


Рис. 5. Образец градуировочных кривых волномера.

При градуировке для каждой из катушек должны быть построены градуировочные кривые (рис. 5); точки для их построения следует брать не реже, чем через каждые 0,25—0,5 *Мгц*.

Данные катушек индуктивности резонансного волномера-индикатора поля

Диапазон, *Мгц*	Катушка	Число витков	Провод	Длина намотки, *мм*	Индуктивность, *мкгн*
3,1—11	L_1	35	ПЭЛ 0,35	17	32
	L_2	9	ПЭЛ 0,35	4	8
10—35	L_1	9	ПЭЛ 0,6	5	7
	L_2	3	ПЭЛ 0,6	2,5	2,5

Описанный волномер может служить и индикатором поля, с помощью которого удобно производить налаживание передатчиков (проверять отсутствие самовозбуждения усилительных каскадов, производить нейтрализацию и т. п.), настройку и согласование антенных систем. Для этого в гнездо *А* вставляется штыревая антенна длиной 0,5—1,5 *м*, с помощью которой осуществляется связь резонансного контура с исследуемым генератором или антенной. Здесь (особенно при настройке антенн) обязательно применение микроамперметра с пределом измерения не более 50 *мка*. При отсутствии такого прибора можно воспользоваться и другим, более грубым, но для него потребуется изготовить усилитель постоянного тока. Схема такого усилителя, собранного на транзисторе типа МП39, приведена на рис. 6. Пользуясь таким прибором, следует обязательно включать диод в волномере так, чтобы на базу транзистора МП39 подавался отрицательный потенциал. Такой уси-

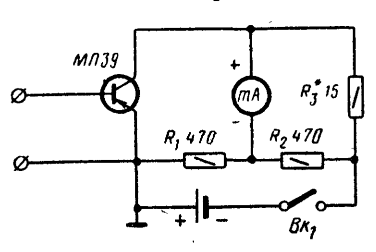


Рис. 6. Принципиальная схема усилителя постоянного тока для индикатора поля.

лительный каскад как бы превращает миллиамперметр в чувствительный микроамперметр.

Налаживание усилителя сводится к подбору сопротивления резистора R_3, для установки стрелки прибора на нуль при отсутствии сигнала на базе транзистора. Для питания усилителя используется один сухой гальванический элемент типа 332.

Повышение чувствительности прибора в этой схеме будет определяться тем усилением по току, которым обладает используемый транзистор. Например, если данный транзистор МП39 имеет коэффициент передачи тока, равный 10, то при использовании миллиамперметра со шкалой 0—1 *ма* мы получаем микроамперметр со шкалой 0—100 *мка*. Предпочтение следует отдавать транзисторам, имеющим большой коэффициент передачи тока.

ЛИТЕРАТУРА

Борисов В. Г., Отрященков Ю. М. Юный радиолюбитель, изд. 4-е. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека).

В беседе под заголовком «Путь в эфир» рассказывается о радиоспорте и любительской связи на УКВ. Подробно описана радиостанция начинающего укависта, рассказано о ее налаживании, о том, как оформить разрешение на УКВ передатчик.

В помощь радиолюбителю. Вып. 27. Изд-во ДОСААФ, 1966.

В сборнике описана УКВ радиостанция Ю. Антощука; передатчик 14-ламповый мощностью 50 *вт*, приемник — девятиламповый супергетеродин.

Гречихин А. Школа начинающего лисолова. «Радио», 1966, № 3, 4, 5, 6.

Мастер спорта, трехкратный чемпион Европы по «охоте на лис» Анатолий Гречихин рассказывает о приемниках для «охоты на лис», простом передатчике «лисе», о поиске «лис», тренировке «охотников», правилах соревнований, их организации.

Казанский Н. Язык радиолюбителей. «Радио», 1966, № 7.

В статье говорится о «языке», на котором «разговаривают» по радио коротковолновики всех стран.

Гречихин А. На «лис» по азимуту. «Радио», 1968, № 5.

В статье для юных радиолюбителей-спортсменов рассказано о соревнованиях по «охоте на лис» по упрощенной программе. Приведено описание простого транзисторного приемника, работающего в диапазоне 80 *м*.

Джунковский Г., Лаповок Я. Передатчик начинающего ультракоротковолновика. «Радио», 1968, № 1.

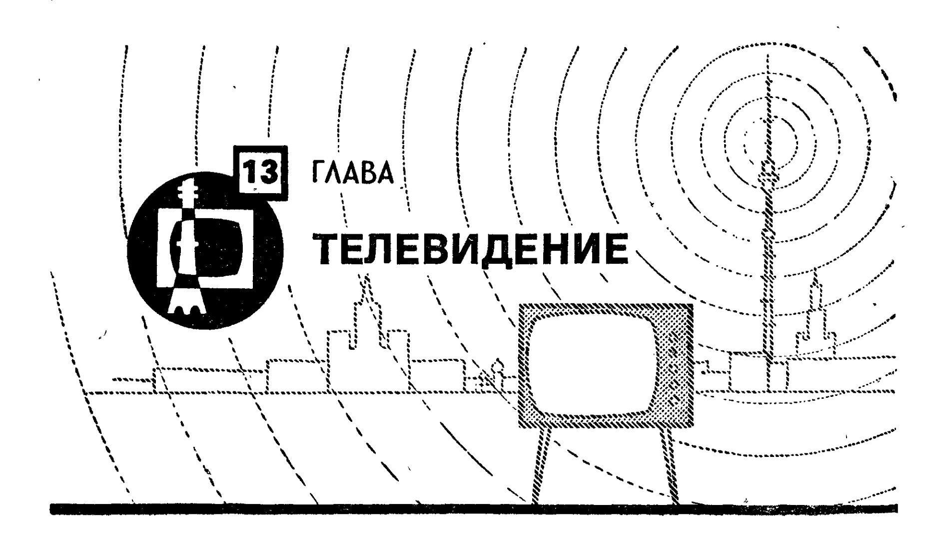
Описание трехлампового передатчика, работающего в диапазоне 28—29,7 *Мгц* телеграфом и телефоном, питание от сети переменного тока.

Ежегодник радиолюбителя. Под общ. ред. Э. Т. Кренкеля. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека).

Глава, посвященная радиолюбительству, содержит материалы о радиолюбительстве, радиоспорте и известных коротковолновиках. Дано описание карманной транзисторной радиостанции и приемника для «охоты на лис» в диапазоне 28—29,7 *Мгц*.

О порядке регистрации и эксплуатации любительских радиостанций. «Радио», 1968, № 5.

Приводятся основные положения инструкции, введенной в действие в 1967 г., и таблица частот, отведенных для радиолюбительских радиостанций.



ЕЕ ВЫСОЧЕСТВО ОСТАНКИНСКАЯ РАДИОТЕЛЕВИЗИОННАЯ БАШНЯ *

Некоторые даты строительства

1960. Начало строительства.

Январь 1961. На обложке журнала «Радио» помещен общий вид башни Московского телецентра, строительство которой начато в Останкино.

Апрель 1961. Строители завершили сооружение фундамента. Они послужат фундаментом для башни. Фундамент радиотелебашни заложен на глубине 4,65 *м.*

6 мая 1963. Строительство башни возобновилось. Перерыв произошел из-за сомнений в надежности фундамента. Проводился ряд экспертиз, в результате которых утвержденный проект снова получил визу. Руководитель проекта радиотелебашни — доктор технических наук Николай Васильевич Никитин. Ему принадлежит труднейший расчет фундамента здания МГУ, отмеченный Государственной премией.

Май 1966. 12 лет здание МГУ было самым высоким в столице. Его высота

---

* По разным источникам.

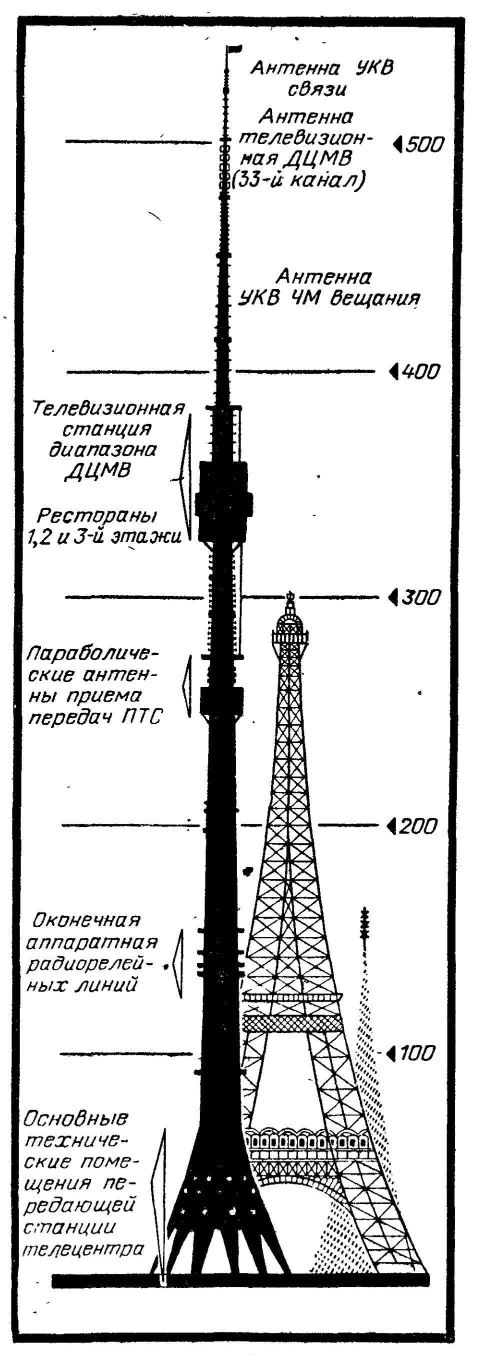


Рис. 1. Самая высокая в мире радиотелевизионная свободностоящая башня.

239 *м*. Теперь строители Останкинской радиотелебашни достигли отметки 286 *м* и почти на 50 *м* поднялись над МГУ.

Гигантскую башню видно уже почти во всех районах Москвы. Специально для строительства башни сконструирован самоподъемный агрегат. Он установлен всегда на самой вершине строящейся башни. Как только надстроено очередное бетонное кольцо — агрегат сам подтягивает себя повыше. Так он и поднимается вместе с башней. А около нее идет строительство Общесоюзного телецентра (ОТЦ) на площади 12 *га*.

20 мая 1966. В ночь на это число радиотелебашня выросла на 5,25 *м*, и ее рабочая площадка поднялась на отметку 300 *м*.

11 февраля 1967. Последний кубометр бетона уже залит в основание площадки на высоте 385 *м*. Этой отметкой кончается железобетонная часть, в которую уложено 22 тыс. *т* бетона. Дальше пойдет стальной оцинкованный конус высотой 148 *м*. Он будет состоять из восемнадцати секций в виде металлических цистерн. Каждая такая «бочка» высотой с двухэтажный дом весит от 15 до 500 *т*. В этот день монтажниками «Промстальконструкции» (бригадир высотников Валентин Коновалов) установлена первая секция в гнездо, приготовленное для нее на вершине башни.

26 февраля 1967. Во время передачи КВН монтажники-высотники, строители Останкинской телевизионной башни, доложили телезрителям, что они только что «разменяли» пятую сотню метров башни. Высотники подарили свои каски участникам финала и жюри КВН.

27 апреля 1967. Начался подъём конечной секции с антенным устройством. С окончанием монтажа этой секции башня достигнет высоты 533 *м*. На высоте 537 *м* взвился алый флаг, сотканный из особо стойких синтетических волокон. Четырехметровый флагшток вознес его над антенной самой высокой на планете радиотелевизионной башни. Она превзо-

шла по высоте на 145 *м* нью-йоркский небоскреб «Эмпайр стейт билдинг» и на 233 *м* Эйфелеву башню.

7 мая 1967. Проведена телевизионная передача с Останкинской радиотелебашни. Зрителям была показана башня, со строителями проведено интервью.

4 ноября 1967. В день начала передач 4-й программы Центрального телевидения отмечалось открытие первой очереди Общесоюзного телецентра Останкино им. 50-летия Великого Октября.

В экскурсию на «Седьмое небо»

Пока мы ехали в Останкино, радиотелевизионная башня завершала перспективу на горизонте, а теперь ее громада, поддерживаемая десятью железобетонными опорами, высится около нас. Зайдемте в небольшое двухэтажное здание, где находится администрация Общесоюзной радиотелевизионной передающей станции (ОРПС) Министерства связи СССР. Здесь в небольшом лекционном зале нам показывают башню на плакатах и рассказывают, что представляет собой это уникальное сооружение.

Свободностоящая радиотелевизионная башня высотой 533 *м* заполнена различной аппаратурой. Она не только опора для антенн, а одновременно и техническое здание передающей станции. Внутри ее ствола и на обстройках размещены 44 этажа для различного оборудования и 14 балконов для антенн. Мы не будем вдаваться в подробности, а перечислим только важнейшее из оборудования, заполняющего башню. Это прежде всего — четыре комплекта телевизионных радиостанций 50/15 *квт* на 1, 3, 8 и 11-й частотные каналы. Эти радиостанции построены по системе сложения мощностей. В состав каждой телевизионной радиостанции метрового диапазона входят два одинаковых передатчика изображения по 25 *квт* каждый и два передатчика звукового сопровождения мощностью по 7,5 *квт*.

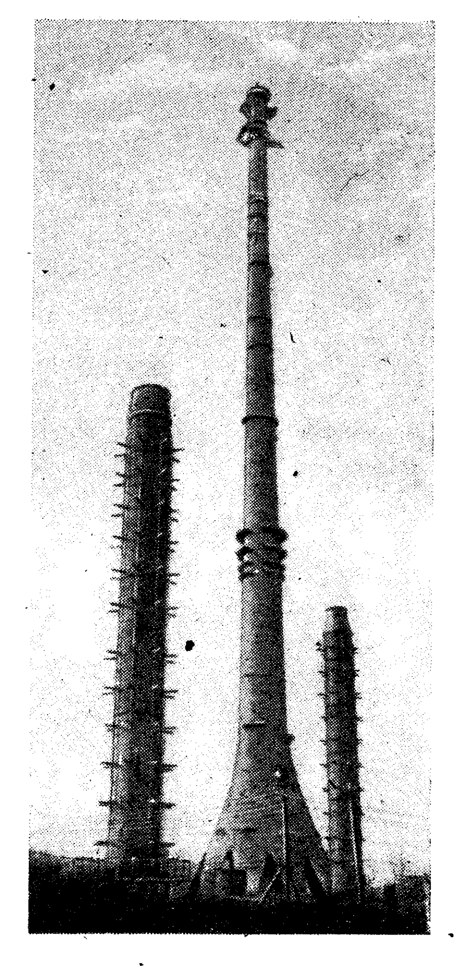


Рис. 2. На строительстве радиотелевизионной башни в Останкине. Две секции башни готовят к подъему.

Сложение мощностей каждой пары передатчиков происходит в специальных мостах сложения. Это создает высокую надежность эксплуатации, гарантирующую практически непрерывное вещание при выходе из строя одного из передатчиков.

Однако, как известно, четырьмя программами наше телевидение не ограничивается. Поэтому в башне находится также комплект оборудования телевизионной радиостанции дециметрового диапазона на 33-й канал мощностью 25/5 *квт*. Кроме того, имеются два комплекта трехпрограммной УКВ ЧМ радиовещательной станции мощностью 3/15 *квт*.

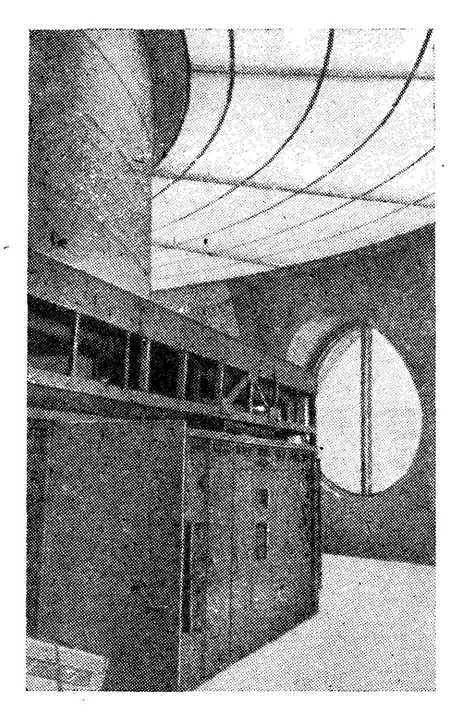


Рис. 3. Зал телевизионных передатчиков.

Все радиостанции имеют автономные системы воздушного охлаждения. Телевизионные радиостанции снабжены аппаратурой для управления и контроля, установленной в специальных экранированных кабинах, где находятся дежурные инженеры. Во все кабины подается кондиционированный воздух и поддерживаются заданная температура и влажность.

Для контроля и коммутации телевизионных программ, поступающих и подаваемых по международным радиорелейным и кабельным линиям, в двух аппаратных установлена специальная распределительная аппаратура.

Объем помещений составляет 68 000 *м*³, полезная площадь 14 850 *м*². Конструктивно башня состоит из фундамента (диаметр его около 60 *м*, ширина 9,5 *м* и глубина заложения 4,6 *м*), железобетонной части высотой 385 *м* и стальной трубчатой опоры для антенн высотой 148 *м*.

Наибольший диаметр наземной части — 60 *м*, на высоте 63 *м* он сужается до 18 *м*, а на отметке 327 *м* до 8 *м*. Это сечение ствол башни сохраняет до конца железобетонной части.

Ствол башни имеет 4 основные зоны. В нижней зоне (от 7 до 63 *м*), имеющей 15 наземных и два подвальных этажа, расположены телевизионные и радиовещательные передатчики. Вторая зона (от 117,8 до 147 *м*), в которой находится аппаратная радиорелейных линий для обмена телепрограммами с городами СССР и других стран, имеет 8 этажей.

Третья зона (от 243 до 269 *м*) — двухэтажная. В ней размещена часть аппаратуры приемных аппаратных от передвижных телевизионных станций, а также оборудование радиотелефонной УКВ связи с подвижными объектами (система «Алтай»). Часть аппаратных вынесена на 4 балкона, наружный диаметр которых составляет 18 *м*.

Четвертая зона (от 325 до 381 *м*) имеет 16 этажей, из которых 10 нижних выполнены в виде обстройки вокруг ствола.

В первых пяти этажах обстройки размещается трехзальный ресторан с вестибюлем и смотровой площадкой, расположенной на высоте 337 *м*.

В верхних этажах (с 6-го по 10-й) установлена телевизионная радиостанция, работающая на ДЦВ, а также трансформаторная подстанция на 4 тыс. *ква*.

В центральной части железобетонного ствола между 357 и 381 *м* расположены семь этажей машинных помещений лифтов, высокочастотные фидеры, кабели связи и сигнализации. На башне размещено много метеорологических приборов; она является и метеостанцией.

Смотровые площадки для экскурсий расположены на отметках 147, 269, 337, 340 *м*. На каждой сможет находиться одновременно до 200 человек.

Ряд антенн установлен на железобетонном стволе и предназначен для радиотелефонной УКВ связи.

В стволе башни по ее периметру натянуты 150 стальных канатов диаметром 38 *мм*, с разрывным усилием в 70 *Т* каждый. Канаты идут с отметок 43 и 63 *м*, а начиная с 195 *м* они заканчиваются на разных уровнях и закреплены на стенках ствола. На верхней отметке 385 *м* заканчиваются последние 60

канатов. Соответственно сжимающее усилие меняется от 10 800 внизу ствола до 4 300 *Т* вверху. Этот строй стальных струн делает башню упругой и жесткой.

Всех интересует вопрос, качается ли башня и как она будет противостоять урагану.

Отклонение вершины башни от оси до трех метров считается нормальным. Наибольшее расчетное отклонение вершины башни от ветровой нагрузки, которая может повториться не чаще одного раза в год, равно 4,26 *м*, а угол поворота — 2°. Был уже день, когда вершина башни (за счет ветра и нагрева) отклонялась на 5 *м*, но и этого никто не почувствовал.

Обычно башни рассчитывают на штормы, которые могут быть раз в 20 лет. Останкинскую рассчитали на ураган, который можно ожидать раз в сто лет. Она выстоит, если скорость ветра будет 43 *м/сек*.

Получив всю эту информацию, мы направляемся к башне и через застекленный вестибюль проходим к лифтам. В башне работают семь лифтов. Три из них скоростные, до 7 *м/сек*, предназначены для посетителей и рассчитаны на одновременный подъем 14 человек. Четвертый лифт (скорость 5 *м/сек*) доставляет пищу в рестораны из кухни, расположенной в первой зоне башни. Пятый лифт обслуживает 15 этажей — конусную часть башни, а 6-й и 7-й работают между отметками 344—470 *м* и рассчитаны на подъем двух человек, обслуживающих антенны. С учетом пропускной способности лифтов ресторан и смотровые площадки смогут ежедневно посетить 6—8 тыс. человек.

Наш лифт взлетает на верхнюю смотровую площадку почти за минуту. Никаких неприятных ощущений не наблюдается. Подъема не чувствуешь. Только при спуске закладывает уши, как при посадке самолета.

Смотровая площадка представляет собой застекленную галерею, служащую одновременно вестибюлем ресторана. Многие экскурсанты ограничиваются круговым обходом площадки, откуда открывается величественная панорама столицы.

Из вестибюля можно попасть на верхний открытый балкон, расположенный на отметке 340,8 *м*, мы же спустимся вниз в залы ресторана «Седьмое небо». Он рассчитан на 288 мест и занимает три этажа. В каждом зале ресторана, на вращающейся части пола, установлено 24 стола на 4 человека каждый. Столы расположены у окон с зеркальным стеклом. Полы ресторана вращаются, делая полный оборот за время от 20 *мин* до 1 *ч*.

Вращение незаметно, но в громадных стеклах величаво начинает проплывать перед вами останкинский парк, а за ним ближние и дальние районы Москвы...

Спускаемся мы уже в сумерках. С трех площадок башню освещают 550 прожекторов.

ПРИНЦИПЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ [1]

Последние два столетия характеризуются бурным прогрессом различных областей техники. Изобретение и развитие паровых двигателей, электрических машин, двигателей внутреннего сгорания, электроники позволили осуществить внедрение машин во все отрасли промышленности и сельского хозяйства. Новую эру знаменует собой овладение атомной энергией.

Техника глубоко вошла в быт. Широчайшие горизонты в развитии культуры открыло радио. Победоносно шествует телевидение — одно из наиболее интересных творений человеческого гения.

Не говоря уже о телевизионном вещании, ставшем в нашей стране столь же привычным, как и радиовещание, телевидение незаменимо как средство наблюдения за непосредственно недоступными человеческому глазу процессами, как, например, при бурении скважин, при исследовании глубин океанов, как средство диспетчерской службы на железных дорогах и крупных промышленных предприятиях, для наблюдения в условиях, представляющих опас-

---

[1] Автор А. Я. Брейтбарт.

ность для здоровья человека: в химической промышленности, на атомных установках и т. п.

Телевидение оказывает существенную помощь в процессе обучения как демонстрационное средство. Благодаря телевидению обширные аудитории могут следить за тончайшими хирургическими операциями, проникать в микромир, развертывающейся на предметном столике микроскопа.

Новая эра в истории человечества, начало которой датируется 12 апреля 1961 г., когда советский человек совершил беспримерный подвиг, проникнув в Космос, послужила толчком к развитию нового направления в телевизионной технике — космического телевидения. Телевизионная камера является в настоящее время неотъемлемым спутником космического корабля, позволившим передать на землю картину лунной поверхности, изображение парящего в Космосе советского космонавта.

Трудно даже представить себе, какие неоценимые услуги окажет телевидение в предстоящих межпланетных полетах.

Недалеко то время, когда дальнейшее развитие науки и техники будет невозможным без телевидения так же, как оно невозможно сейчас без электричества, радио и электроники.

Телевидение как наука о передаче изображений на расстояние значительно старше своих «родственников» — радио и электроники — и существует уже около 100 лет. Однако как отрасль техники современное высококачественное телевидение насчитывает немногим больше 30 лет. Объясняется это тем, что практическое осуществление давно известного принципа передачи движущихся изображений оказалось возможным лишь на определенной стадии развития радиотехники и особенно электроники.

Электрическая энергия является единственным видом энергии, которую человек умеет передавать на большие расстояния, даже когда между источником и приемником существуют какие-либо преграды. Поэтому любой другой вид энергии, который надо передать на большое расстояние, будь то энергия звука или световая энергия изображения, должен быть преобразован в электрическую.

Передача звуковой энергии или световой энергии изображения осуществляется с помощью переменного тока, изменяющегося в соответствии с изменениями передаваемой энергии. Электрический ток может очень быстро изменяться по любому заданному закону и обладает той особенностью, что в каждое мгновение он имеет в какой-либо точке канала связи одно-единственное значение.

В этом отношении переменный электрический ток очень сходен со звуком. Давление, создаваемое в данной точке пространства любым, самым сложным источником звука, например оркестром, может изменяться как угодно быстро и по сколь угодно сложному закону, но в каждое мгновение оно имеет только одно значение. Поэтому преобразование звуковой энергии в электрическую — сравнительно простая задача, осуществляемая с помощью микрофона.

Значительно сложнее преобразование световой энергии изображения, особенно движущегося, в электрическую. Любое изображение состоит из большего или меньшего в зависимости от его сложности, количества световых пятен различных формы и интенсивности. Форма и расположение пятен могут изменяться во времени, но в каждый данный момент они все существуют одновременно и не могут быть переданы с помощью одного какого-то значения тока. Для непосредственного преобразования световой энергии изображения в электрический ток потребовалось бы столько каналов связи, сколько имеется отдельных световых пятен на изображении. Естественно, что осуществить это практически невозможно.

Поэтому для передачи изображений как неподвижных (в фототелеграфии), так и движущихся (в телевидении) был применен принцип разложения изображения на элементы. Он состоит в том, что все изображение разбивается на небольшие участки. Чем меньше эти участки, тем больше мелких деталей можно передать, тем выше «чёткость» изображения.

Световая энергия каждого элемента преобразуется в элекрический ток, причём это преобразование происходит не одновременно, а последовательно

во времени. Таким образом, возникает серия следующих друг за другом электрических импульсов, т. е. переменный электрический ток. Такой ток уже может быть передан по одному каналу связи (по одной паре проводов или по радио). В месте приема электрические импульсы преобразуются в световые. При этом все возникающие световые пятна размещаются в том же порядке, в каком они были расположены на самом изображении.

Но каким же образом можно увидеть изображение вместо возникающих один за другим световых импульсов, как бы правильно они ни были расположены?

Для получения слитного изображения на помощь технике приходит своеобразная особенность человеческого глаза. Зрительное ощущение благодаря инерционности зрения длится в среднем около 0,1 *сек*, как бы кратковременно ни было световое раздражение. Следовательно, если передать все элементы, на которые разложено изображение, за промежуток времени, не превышающей $^1/_{10}$ доли секунды, то в момент, когда будет передаваться последний элемент изображения, световое ощущение от первого элемента еще не успеет исчезнуть. У зрителя создастся впечатление, что все световые импульсы существуют одновременно, и поэтому он увидит слитное изображение. Так как зрительное ощущение ослабевает с течением времени, то во избежание появления мерцания изображения необходимо все элементы одного изображения передавать за промежуток времени более короткий, чем время инерции глаза. Этот промежуток времени должен быть тем меньше, чем выше яркость изображения. В современных телевизорах яркость экрана такова, что мерцание исчезает, лишь когда время передачи всех элементов изображения, или, как говорят, время передачи одного кадра, не превосходит $^1/_{50}$ *сек*. Важно отметить, что быстрая передача кадра необходима также для передачи без искажений движения передаваемого объекта.

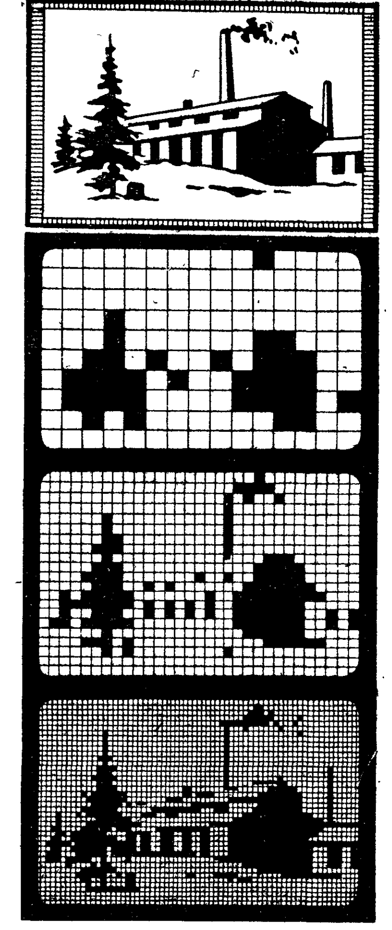


Рис. 1. Чем меньше участки, на которые разбивается изображение, тем больше мелких деталей можно передать.

Естественно, что чем меньше время передачи одного кадра, тем больше возрастают скорость передачи телевизионного сигнала и сложность схемы телевизионного приемника, а следовательно, и его стоимость.

С целью снижения стоимости телевизора и сохранения немерцающего изображения прибегают к специальному типу передачи элементов изображения, называемому *чересстрочной разверткой*.

В телевизионном вещании элементы передаются (развертываются) по строкам, причём элементы в строке передаются слева направо, а строки сменяют друг друга сверху вниз. Таким образом, порядок передачи элементов изображения соответствует порядку чтения книги. Однако при чересстрочной развертке порядок следования строк несколько сложнее. В каждом кадре передаются не все строки подряд, а через одну, причём если в одном из кад-

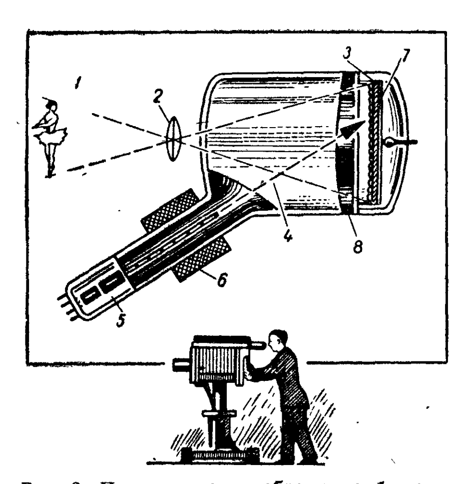


Рис. 2. Передаваемое изображение *1* проектируется при помощи объектива *2* на мозаику *3* иконоскопа, находящегося в телевизионной камере. Разложение изображения производится электронным лучом *4*, создаваемым электронным прожектором *5*. Отклоняющая система *6* заставляет электронный луч обегать мозаику. Возникающие в цепи мозаики, сигнальной пластины *7* и коллектора *8* электрические сигналы подаются на усилитель.

ров были переданы нечётные строки, то в следующем передаются чётные, заполняющие получившиеся промежутки, затем опять нечётные и т. д. Таким образом, за каждую $^1/_{50}$ *сек* передаются не все строки, а только половина. Благодаря инерции глаза зритель этого практически не замечает. Мерцание же изображения отсутствует, так как каждый полукадр передается с достаточно большой скоростью.

Техника чересстрочной развертки относительно проста. Необходимо лишь, чтобы число строк в кадре было нечетным и строго постоянным. При этом усложняется схема телевизионного передатчика, схема же телевизора существенно упрощается благодаря уменьшению полосы передаваемых частот в два раза.

След движения элемента изображения по строке каждый может наблюдать на экране телевизора.

Если подойти достаточно близко к экрану, легко обнаружить, что изображение состоит из тонких горизонтальных линий. Правда, заметить движение светового пятна невозможно из-за отмеченной выше инерционности зрения. Следует упомянуть, что и современные телевизионные экраны обладают световой инерцией, помогающей восприятию изображения.

Число элементов, на которое разбивается все изображение, неодинаково в разных странах. В СССР принято разложение на 625 строк. Так как в строке около 900 элементов, все изображение разбивается на полмиллиона элементов (625 × 900), которые передаются 25 раз в секунду. Таким образом, общее число элементов, передаваемых в 1 *сек*, достигает огромной величины: около 14 миллионов!

Для передачи столь большого числа электрических импульсов необходимы весьма совершенные электронные лампы и радиотехнические приборы, причем передача по радио может быть осуществлена только на ультракоротких волнах. К этому следует добавить, что световая энергия одного элемента изображения составляет совершенно ничтожную величину, так как общая энергия изображения распределяется между всеми его элементами. Поэтому для преобразования ее в электрическую энергию требуются очень сложные вакуумные приборы. Именно этими обстоятельствами и объясняется сравнительно поздний расцвет техники телевидения.

Как уже упоминалось, световые элементы должны быть расположены на приёмном конце в той же строгой последовательности, что и на передающем. В противном случае никакого изображения не удастся воспроизвести. Требуемая последовательность достигается в телевизоре соответствующей настройкой двух генераторов: *генератора строчной частоты*, осуществляющего перемещение светового элемента по строке, и *генератора кадровой частоты*, задающего правильную последовательность строк.

Многие, вероятно, неоднократно убеждались в том, что в случае неправильной настройки этих генераторов (ручки настройки которых имеются в каждом телевизоре) либо изображение перемещается вверх или вниз, либо вместо изображения на экране наблюдаются наклонные линии, а то и просто хаотическое нагромождение непрерывно перемещающихся черных пятен. Это означает, что нарушена синхронизация, т. е. строго согласованное во

времени движение двух элементов на передающем и приёмном концах.

Для преобразования световой энергии в электрическую используется явление фотоэффекта, наблюдаемое у некоторых металлов и заключающееся в том, что свет, попадая на их поверхность, увеличивает энергию всегда имеющихся свободных электронов, в результате чего они приобретают большие скорости и могут покинуть металл. Если поместить металлическую поверхность в вакуум, то освободившиеся электроны можно будет собрать на другой металлической поверхности, так что между ними возникнет ток, пропорциональный величине световой энергии.

Теперь расскажем коротко об устройстве *иконоскопа* — простейшей передающей трубки (в настоящее время применяются более сложные передающие трубки). В стеклянном цилиндрическом баллоне, из которого удален воздух, помещен светочувствительный слой, нанесенный на изоляционную пластинку. Этот слой, называемый мозаикой, состоит из множества мельчайших изолированных друг от друга светочувствительных зёрен. С противоположной стороны изоляционной пластинки нанесен металлический слой, называемый *сигнальной пластинкой.*

На мозаику проектируется изображение с помощью фотографического объектива. Световая энергия изображения выбивает из светочувствительных зёрен мозаики электроны, которые попадают на коллектор, нанесенный на внутреннюю поверхность баллона. Элементы мозаики теряют тем больше электронов, чем больше световой энергии попадает на них. В результате на мозаике образуется «электрический рельеф», в точности повторяющий распределение света и тени на изображении. В горловине цилиндрической колбы расположен «электронный прожектор» («электронная пушка») — устройство, формирующее тонкий пучок электронов, летящих с большой скоростью на мозаику. Чтобы электронный пучок обегал мозаику по строкам по всей её поверхности, имеется отклоняющая система, расположенная на горловине. Когда электронный пучок по-

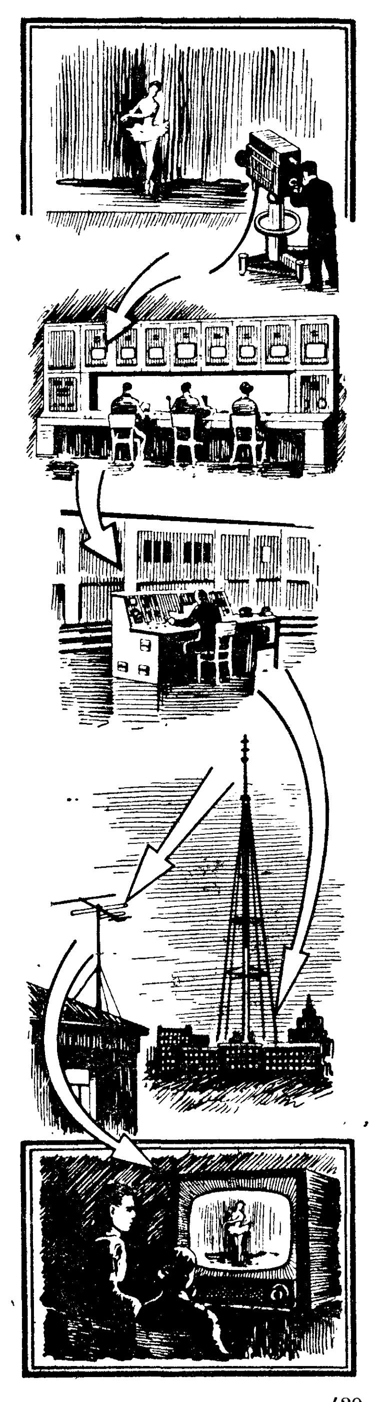


Рис. 3. Световая энергия изображения преобразовывается в телевизионной камере в электрические сигналы, которые из аппаратной студии поступают в радиопередатчик. Ультракороткие волны, излучаемые антенной телевизионного центра, принимаются антенной телевизора. Преобразование электрических сигналов в изображение осуществляется в кинескопе, дно которого, покрытое люминесцентным слоем, является экраном телевизора.

падает на какое-нибудь место мозаики, он восстанавливает на нем все электроны, потерянные в результате воздействия световой энергии; при этом в цепи, состоящей из сигнальной пластинки, мозаики и коллектора, возникает импульс тока, тем больший, чем больше было потеряно в данной точке электронов и, следовательно, чем ярче было освещено это место. Таким образом, в цепи сигнальной пластинки возникает переменный электрический ток; он усиливается, затем к нему добавляются специальные сигналы, необходимые для получения синхронного движения светового пятна в приёмнике. Наконец, ток преобразуется в радиопередатчике таким образом, чтобы он мог попасть в антенну телезрителя в виде электромагнитных колебаний.

Обратное преобразование электрической энергии в световую и, следовательно, восстановление изображения происходят в приёмной трубке — кинескопе (расположенном в телевизоре), который устроен следующим образом.

Из конической колбы, дно которой покрыто люминофором — веществом, способным светиться под воздействием попадающих на него быстрых электронов, откачан воздух. В цилиндрической горловине, как и в иконоскопе, помещен электронный прожектор. Создаваемый им электронный пучок под действием отклоняющей системы чертит на люминофоре строки.

Принятый антенной телевизионный сигнал преобразуется и усиливается, после чего он подается на один из электродов электронного прожектора, называемый управляющим. Назначение этого электрода — изменять интенсивность электронного пучка пропорционально интенсивности подаваемого на него сигнала. Так как люминофор светится тем сильнее, чем интенсивнее электронный пучок, а движение электронного пучка строго синхронно с движением электронного пучка в передающей трубке, распределение света и тени на люминофоре оказывается таким же, как на мозаике иконоскопа. На люминофоре возникает то же изображение, что и на мозаике.

Кроме усилителя, в телевизоре имеются специальные генераторы для питания отклоняющей системы током требуемой формы, устройство для синхронизации этих генераторов и, следовательно, синхронного движения электронного луча, источники питания и другие вспомогательные устройства.

Несмотря на значительные успехи, достигнутые за последние годы в области телевидения, передаваемые изображения не лишены ряда недостатков. Но телевизионная техника интенсивно совершенствуется и развивается, что, несомненно, приведет к значительному повышению качества изображений.

ЧИСЛО СТРОК И ПОЛОСА ЧАСТОТ [1]

Чёткость телевизионного изображения принято характеризовать числом строк, на которое оно делится. Это число часто называют стандартом чёткости.

В начале 30-х годов у нас было 30-строчное телевидение. В конце 30-х годов, после перехода с механического телевидения на электронное, Ленинград вел передачи с разбивкой изображения на 240 строк, а Москва — на 343 строки. При возобновлении телевизионных передач после Великой Отечественной войны Ленинград применил разбивку на 441 строку, а Москва— на 625 строк. Вскоре разбивка изображения на 625 строк была закреплена как Всесоюзный стандарт, обязательный для всех наших телевизионных передатчиков.

Но следует отметить, что одно только число строк не характеризует полностью чёткость телевизионной передачи. Число строк определяет вертикальную чёткость, т. е. количество отдельных элементов, которое может содержать на экране телевизора вертикальная линия. Чёткость же (или разрешающая способность) по горизонтали — число элементов, которое может содержать строка изображения, зависит при заданном диаметре электронного пучка от полосы частот, излучаемой передатчиком и воспроизводимой приёмником.

---

[1] Кубаркин Л. В. и Левитин Е. А. Занимательная радиотехника, новая редакция, Госэнергоиздат (Массовая радиобиблиотека), 1956.

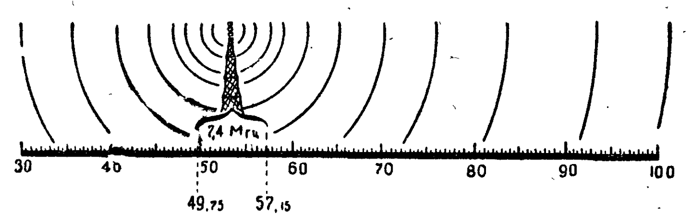


Рис. 1.

У нас принят формат изображения 4×3, т. е. длина изображения больше его высоты в 1,33 раза. Этот формат соответствует стандарту, принятому в кино; он приятен для глаза.

Номинальный размер того растра, который чертит элемент разложения, больше рассматриваемого изображения, так как в конце каждой строки и каждого кадра передаются специальные сигналы, используемые для затемнения обратного хода луча передающей и приемной электроннолучевых трубок, а также для синхронизации развёрток в передатчике и приёмнике. Строчный затемняющий импульс длиннее кадрового, вследствие чего фактический формат растра отличается от номинального формата изображения (формата кадра) и равен приблизительно 1,47.

По вертикали телевизионный растр разбивается на 625 строк. Если считать, что каждый элемент развертки должен представлять собой квадратик со стороной, равной ширине строки, то число элементов в строке будет:

$$625 \cdot 1{,}47 = 920,$$

а весь растр будет состоять из 625×920 = 580 000 элементов. Видно же будет в пределах кадра 575×765 = 440 000 элементов.

У такого изображения чёткость по вертикали и горизонтали будет одинаковой. Определим длительность передачи одного элемента. Для этого нам надо знать, сколько времени уходит на прочерчивание одной строки. Как было показано выше, телевизионное изображение делится на 625 строк; в секунду передается 25 кадров. Следовательно, в секунду электронный луч прочерчивает

$$25 \cdot 625 = 15\,625 \text{ строк.}$$

Продолжительность прочерчивания одной строки составляет:

$$1 : 15\,625 = 0{,}000064 \text{ } \textit{сек} = 64 \text{ } \textit{мксек}.$$

Следовательно, продолжительность передачи одного элемента изображения равна:

$$64 : 920 = 0{,}07 \text{ } \textit{мксек}.$$

Если один из двух квадратиков изображения, лежащих рядом на строке, белый, а другой черный, то ток, модулирующий телевизионный передатчик, должен измениться от минимума до максимума за время передачи двух элементов. Следовательно, частота этого тока должна быть:

$$\frac{1}{2 \cdot 0{,}07 \cdot 10^{-6}} = 7\,000\,000 \text{ } \textit{гц} = 7 \text{ } \textit{Мгц}.$$

Так как излучаемая передатчиком полоса частот определяется высшей модулирующей частотой, то полоса телевизионной передачи должна составлять 7 *Мгц*.

Наши современные телевизоры пропускают полосу около 5 *Мгц*. Нетрудно подсчитать, что при такой полосе время воспроизведения одного элемента составит не 0,07 *мксек*, а

$$\frac{10^6}{2 \cdot 5 \cdot 10^8} = 0{,}1 \text{ } \textit{мксек}.$$

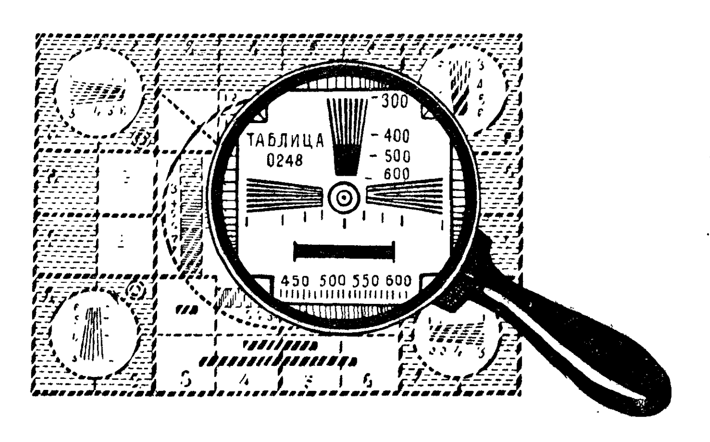


Рис. 2.

При такой длительности воспроизведения одного элемента в строке содержится

$$\frac{64}{0{,}1} = 640 \text{ элементов}.$$

При этом разрешающая способность по горизонтали будет составлять приблизительно

$$765 \cdot \frac{0{,}07}{0{,}1} = 640 : 1{,}2 = 530 \text{ линий}.$$

Это и есть приблизительное число линий, которое определяется по вертикальному клину испытательной таблицы, т. е. фактическая чёткость изображения по горизонтали. При полном использовании стандарта горизонтальная строка изображения должна состоять из 920 элементов, фактически же при полосе 5 *Мгц* она состоит всего из 640 элементов, а весь растр вместо 580 000 элементов состоит из 625 · 640 = 400 000 элементов. Ниже помещена таблица, в которой приведены приближенные значения четкости по горизонтали и общее число элементов в изображении при различных полосах частот.

Полоса частот, *Мгц*	Разрешающая способность	Число элементов в растре
3	320	240 000
3,5	370	280 000
4	420	320 000
4,5	480	360 000
5	530	400 000

Из таблицы видно, что если, например, число строк, определенное по вертикальному клину испытательной таблицы, равно 420, то полоса частот, воспроизводимая телевизором, составляет примерно 4,75 *Мгц*.

Таким образом, чёткость телевизионных изображений определяется не только числом строк, но и полосой частот. Первое характеризует чёткость по вертикали, а вторая — по горизонтали. При данном числе строк чёткость по горизонтали тем выше, чем шире полоса частот.

Естественно, что ширина пропускаемой полосы частот зависит не только от телевизора, но и от антенны. Лучшие телевизионные антенны поэтому и называются широкополосными.

КИНЕСКОП [1]

Для воспроизведения телевизионного изображения используется *электроннолучевая трубка*, называемая кинескопом. Устройство современного кинескопа схематически представлено на рис. 1. Колба кинескопа состоит из узкой цилиндрической части — горловины и расширяющейся части — конуса, заканчивающегося слегка выпуклым днищем. Колба изготовляется либо целиком из стекла, либо в некоторых типах кинескопов больших размеров из стекла изготовляются только горловина и днище, а конус делается из специальной стали. Днище современных кинескопов имеет в соответствии с телевизионным изображением форму прямоугольника с отношением сторон приблизительно 4 : 3. Воздух из колбы откачивается, так как электроны могут свободно перемещаться только в вакууме. Стенки колбы и в особенности её днище должны быть достаточно толстыми, чтобы противостоять давлению атмосферы, которое может превышать 1 000 *кг* на все днище.

В горловине кинескопа расположен электронный прожектор (электронная «пушка») — устройство, создающее узкий направленный поток электронов — электронный луч. Днище кинескопа изнутри покрыто *люминофором* — веществом, светящимся при попадании на него быстрых электронов. Днище, покрытое люминофором, образует *экран кинескопа*. Электронный луч, пробегая по экрану строка за строкой, создаёт последовательность более или менее ярко светящихся элементов, совокупность которых и воспринимается зрителем как телевизионное изображение. Так как в течение 1 *сек* необходимо передать 25 кадров, при разложении на 625 строк электронный луч должен за 1 *сек* пробежать более 15 000 строк. Нетрудно подсчитать, что скорость движения луча по экрану кинескопа больших размеров может составить при этом около 75 *км/сек*. Электронный луч благодаря ничтожной массе электронов нетрудно перемещать с еще большей скоростью. Именно поэтому в настоящее время для воспроизведения телевизионных изображений используются исключительно кинескопы, так как никакие механические устройства не могут обеспечить необходимой скорости движения светового пятна.

Для перемещения луча по экрану служит *отклоняющая система*, размещаемая снаружи колбы на её горловине.

Расположенный в горловине кинескопа электронный прожектор состоит из источника электронов — накаленного катода и системы электродов в виде дисков с отверстиями или цилиндров, образующих так называемую *электроннооптическую систему*. Катод кинескопа отличается от катодов электронных ламп только конструктивно и выполняется в виде небольшого (диаметром около 3 *мм*) стаканчика, донышко которого обращено к экрану и покрыто окисью бария, легко испускающей свободные электроны при нагревании до температуры 750—800° С. Внутрь стаканчика вкладывается свернутая спиралью вольфрамовая проволочка, изолированная тонким слоем окиси алюминия. Эта проволочка, нагреваемая пропускаемым по ней электрическим током, служит электрической печкой, нагревающей катод до необходимой температуры.

Электроны, испускаемые катодом, имеют очень малые скорости и расходятся от катода широким пучком. Чтобы собрать электроны в узкий луч и сообщить им достаточно большую скорость, нужна электроннооптическая система, состоящая из «электронных линз», действующих на пучок электронов подобно стеклянным линзам на пучок света.

Простейшей *электронной линзой* является электрическое поле, создаваемое между катодом и круглой диафрагмой или между двумя круглыми диафрагмами. В отличие от обычных оптических линз, фокусное расстояние которых заранее определено формой поверхностей линзы, распределение поля и, следовательно, фокусное расстояние электронных линз можно менять в широких пределах путём изменения разности напряжений на электродах, создающих электрическое поле линзы. Электронные пушки, в которых ис-

[1] Написано А. А. Жигаревым.

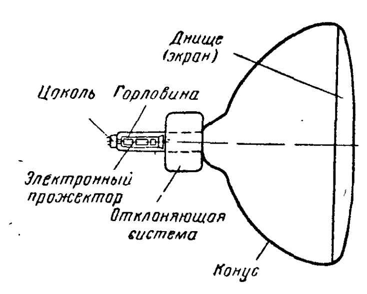


Рис. 1.

пользуются линзы, образованные электрическими полями, называются электронными пушками или прожекторами с *электростатической фокусировкой*. Важной особенностью электростатических линз является возможность одновременно с фокусировкой сообщить электронам большие скорости с помощью электрического поля, что необходимо для получения большой яркости свечения экрана. Скорость, приобретаемая электронами в электрическом поле, пропорциональна квадратному корню из ускоряющего напряжения. Например, если напряжение анода равно 100 *в*, электроны подлетят к нему со скоростью около 6 000 *км/сек*, а если анодное напряжение повысить до 10 000 *в*, скорость электронов приблизится к 60 000 *км/сек*.

Сфокусировать поток электронов можно также при помощи магнитного поля, образованного короткой круглой катушкой, по виткам которой протекает электрический ток. Проходя через такое магнитное поле, поток электронов будет испытывать такое же действие сил, как и провод, по которому проходит ток. Подбирая ток катушки и скорость электронов, можно при помощи такой магнитной электронной линзы собрать поток электронов в узкий луч. Однако в отличие от электрического магнитное поле не изменяет скорости электронов. Поэтому для осуществления фокусировки магнитным полем необходимо предварительно разогнать электроны электрическим полем. Электронные прожекторы, в которых используются магнитные линзы, называются прожекторами или пушками с *магнитной фокусировкой*.

При помощи магнитного поля можно получить более совершенную фокусировку электронного луча. Однако для питания магнитных линз требуется значительная мощность. В ранее выпускавшихся кинескопах с круглым экраном применялись пушки с магнитной фокусировкой; современные кинескопы с прямоугольным экраном имеют, как правило, прожекторы с электростатической фокусировкой, как более экономичные и в то же время позволяющие получить диаметр луча в плоскости экрана в несколько десятых долей миллиметра. Очень тонкий луч в кинескопах с большим экраном даже нежелателен. Так, например, при высоте экрана 30 *см* и числе строк 625 на каждую строку приходится около 0,5 *мм* и при сечении луча меньше 0,2—0,3 *мм*^{2} расстояние между строками оказалось бы больше высоты самой строки. Строчная структура изображения была бы очень заметной, что, конечно, ухудшило бы качество изображения.

Для получения изображения необходимо, чтобы вдоль каждой строки яркость свечения экрана изменялась в соответствии с распределением светлых и темных мест в передаваемом объекте. Яркость свечения экрана зависит от количества электронов, попадающих на каждый элемент экрана. Чем больше электронов попадает в какую-нибудь точку экрана, т. е. чем больше ток луча, тем ярче светится эта точка. Поэтому для управления яркостью свечения экрана в прожекторе должна иметься возможность управлять величиной тока луча.

Управление током луча осуществляется изменением напряжения диафрагмы с круглым отверстием, расположенной в непосредственной близости к катоду. Эта диафрагма называется *управляющим электродом*, или *модулятором*. Расстояние между модулятором и катодом составляет всего 0,1—0,2 *мм*. Изменение напряжения модулятора изменяет электрическое поле у катода. При большом отрицательном относительно катода напряжении модулятора у поверхности катода создается тормозящее поле, и электроны не могут уходить от катода, ток луча равен нулю и прожектор «заперт». По мере уменьшения отрицательного напряжения модулятора электроны все в большей степени получают возможность проходить сквозь отверстие модулятора — ток луча увеличивается. Таким образом, действие модулятора аналогично действию управляющей сетки электронной лампы. К модулятору

подводится «видеосигнал», создающий распределение яркости по поверхности экрана, необходимое для получения телевизионного изображения.

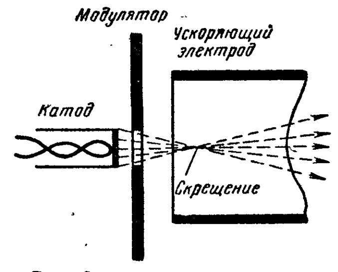


Рис. 2.

За модулятором устанавливается электрод, обычно представляющий собой цилиндр, внутри которого расположена диафрагма. Этот цилиндр называется ускоряющим электродом, и так как на него подается положительное напряжение, вблизи отверстия модулятора образуется сильная собирающая электростатическая линза. Эта первая линза прожектора ускоряет электроны, испускаемые катодом, и направляет их по путям, пересекающим ось прожектора за отверстием модулятора (рис. 2). Образующееся «скрещение» электронных путей имеет диаметр меньше 0,1 *мм*. За скрещением электроны летят расходящимся пучком, и чтобы получить на экране небольшое светящееся пятно, надо расходящийся пучок электронов снова сфокусировать при помощи второй электронной линзы.

Вторая линза прожектора настраивается так, чтобы на экране получилось изображение скрещения. Так как само скрещение имеет малые размеры, его изображение на экране — светящееся пятно — будет также небольшим. Современные электронные пушки, применяемые в кинескопах, имеют две или три электронные линзы. Трехлинзовые пушки часто используются в тех случаях, когда необходимо применять ускоряющие напряжения, превышающие 10 000 *в*. В этих случаях ускоряющий электрод, расположенный в непосредственной близости к модулятору, имеет сравнительно невысокое напряжение 300—1 000 *в*, а за первым ускоряющим электродом размещается второй с напряжением 12—16 тыс. *в*. Между первым и вторым ускоряющими электродами образуется длиннофокусная собирающая линза, превращающая расходящийся пучок электронов в слегка сходящийся. Окончательное формирование электронного луча производится третьей, главной линзой прожектора.

Первая линза прожектора принципиально должна быть электростатической, так как, кроме фокусировки, необходимо ускорить электроны, вылетающие с катода. Вторая (или третья в трехлинзовой пушке) линза может быть как электростатической, так и магнитной. На рис. 3 схематически представлено устройство электронных прожекторов: *а* и *б* — с электростатической фокусировкой, *в* — с магнитной. Пунктиром показаны пути движения электронов. В прожекторе с магнитной фокусировкой главная линза выполняется в виде катушки, надеваемой снаружи на горловину трубки.

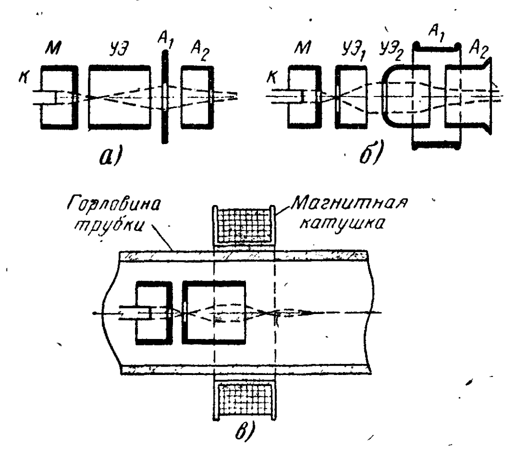


Рис. 3.

Настройка прожектора с магнитной фокусировкой производится изменением тока в фокусирующей катушке. Электростатические прожекторы настраиваются путем изменения напряжения на фокусирующем электроде. Как видно из рис. 3, главная линза прожектора с электростатической фокусировкой образуется вблизи первого анода, расположенного между ускоряющим электродом и вторым анодом. Изменение напряжения первого анода изменяет фокусное расстояние главной линзы, поэтому первый анод называют иногда *фокусирующим анодом*. Электростатиче-

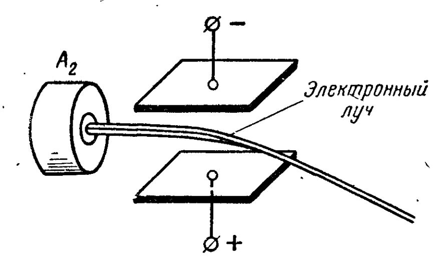


Рис. 4.

ская фокусировка имеет интересную особенность. Если изменить напряжение всех электродов прожектора (модулятора, ускоряющего электрода, первого и второго анодов) в одинаковое число раз, форма электронных путей не изменится, т. е. фокусировка не нарушится. Поэтому в случае питания всех электродов прожектора от одного источника через делитель напряжения колебания напряжения источника питания не будут влиять на фокусировку. Прожектор, однажды отрегулированный при каком-нибудь напряжении общего для всех электродов источника питания, в дальнейшем никакой подстройки фокусировки не потребует. Поэтому современные телевизоры, имеющие кинескопы с электростатической фокусировкой, не снабжаются выведенной на панель управления ручкой «Фокусировка». Напряжение первого анода, соответствующее наилучшей фокусировке, устанавливается при замене кинескопа (и его первоначальной установке), а в процессе эксплуатации даже при значительных колебаниях напряжения сети питания телевизора заметного нарушения фокусировки не происходит. Фокусное же расстояние магнитной линзы изменяется при одновременном изменении ускоряющего напряжения и тока катушки в одинаковое число раз. Поэтому при использовании кинескопов с магнитной фокусировкой её необходимо подстраивать при колебаниях напряжения сети, питающей телевизор. Телевизоры, в которых устанавливались кинескопы с магнитной фокусировкой, всегда имели на панели управления ручку «Фокусировка».

Для получения изображения необходимо осуществить развертку, т. е. заставить луч пробегать по всему экрану строка за строкой, кадр за кадром. Для перемещения луча в пространстве используются *отклоняющие катушки: строчная* — для перемещения луча по горизонтали (вдоль строки) и *кадровая* — для перемещения луча по вертикали (от строки к строке).

Отклонение электронного луча можно производить электрическим или магнитным полем, направленным перпендикулярно движению электронов. На рис. 4 показана электростатическая отклоняющая система. Сфокусированный электронный пучок, проходя в пространстве между двумя пластинками, к которым приложено напряжение («отклоняющее напряжение»), отклоняется в сторону положительно заряженной пластинки.

Однако благодаря тому что электроны пучка были ускорены в электронном прожекторе до входа в отклоняющую систему и имеют большую продольную скорость, путь электронов между пластинками будет подобен траектории камня, брошенного параллельно поверхности земли. Выйдя из пространства между пластинками, электроны пучка полетят по прямой, составляющей некоторый угол с осью системы. Следовательно, и светящееся пятно на экране, являющееся следом электронного луча, сместится относительно центра экрана. Очевидно, чем на больший угол отклонится луч в пространстве между пластинками, тем больше будет смещение пятна на экране. Напряжение между пластинками, необходимое для получения заданного угла отклонения луча, зависит от скорости электронов. Чем выше скорость (чем больше ускоряющее напряжение прожектора), тем больше должно быть напряжение, так как траекторию быстрых электронов труднее изменить.

Отклонение луча может быть получено с помощью магнитного поля. На рис. 5 показано движение электронов между полюсами электромагнита. Как видно из рисунка, на электрон действует сила, перпендикулярная как направле-

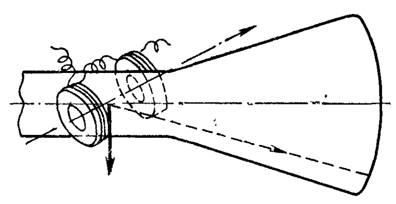


Рис. 5.

нию движения, так и направлению магнитных силовых линий. Под действием этой силы пути электронов искривляются, и по выходе из магнитного поля электронный луч окажется отклоненным на некоторый угол. Величина угла отклонения будет тем больше, чем выше напряженность магнитного поля (чем «гуще» силовые линии), чем длиннее область действия магнитного поля и чем медленнее движутся электроны. Однако в отличие от электростатического отклонения уменьшение угла отклонения с ростом ускоряющего напряжения прожектора при магнитном отклонении выражено в меньшей степени. Например, при увеличении напряжения прожектора в 4 раза угол отклонения электростатической системы уменьшится тоже в 4 раза, а угол отклонения магнитной системы только в 2 раза ($\sqrt{4}$).

Магнитное отклонение осуществляется при помощи катушек, обтекаемых током, расположенных снаружи на горловине трубки. Помещать катушки внутрь колбы нет необходимости, так как магнитное поле свободно проникает сквозь стекло. Чтобы создать отклоняющее магнитное поле, надо пропускать ток по катушкам, т. е. затрачивать энергию. Поэтому магнитные отклоняющие системы менее экономичны, чем электростатические. В то же время магнитное отклонение имеет такие преимущества перед электростатическим для кинескопов, что оно получило исключительное применение в современных телевизорах. Основным преимуществом магнитного отклонения является возможность осуществления угла отклонения, в несколько раз превышающего допустимый угол отклонения в электростатических системах. Так как длина колбы тем меньше, чем больше угол отклонения, кинескопы с электростатическим отклонением были бы в несколько раз длиннее современных кинескопов с магнитным отклонением.

Следующим существенным элементом кинескопа является экран, светящийся под ударами быстрых электронов. Вещества, обладающие способностью достаточно ярко светиться при «облучении» электронами, называются катодолюминофорами или просто люминофорами. Так как ни естественные, ни искусственно приготовленные люминофоры не обладают белым цветом свечения, экраны кинескопов приходится покрывать смесью двух люминофоров. Один люминофор — соединение солей цинка с серой — имеет голубой цвет свечения, а второй — соединение солей цинка, кадмия и серы — имеет дополнительное к белому желтое свечение.

В результате смешения голубого и желтого свечений создается впечатление белого цвета. Яркость свечения экрана зависит не только от числа электронов (тока луча), но и от скорости электронов, определяемой напряжением второго анода прожектора. Яркость свечения приблизительно пропорциональна квадрату ускоряющего напряжения. Так, например, при увеличении напряжения прожектора с 6 до 12 тыс. *в* яркость свечения экрана возрастет примерно в 4 раза. Экраны кинескопов должны обладать большой яркостью свечения — ведь луч, обегая весь экран за $^1/_{25}$ *сек*, облучает каждую точку ничтожно малое время ($\sim$0,1 *мксек*), за которое, однако, должно возбудиться достаточно яркое свечение, чтобы изображение было хорошо видно в нормально освещенной комнате. Чрезмерно увеличивать ток луча нецелесообразно по двум причинам. Во-первых, чем больше ток луча, тем хуже фокусировка. Во-вторых, большой ток вызывает нагревание экрана и постепенное разрушение люминофора — при большом токе луча экран скорее «выгорает». Поэтому ток луча современных кинескопов невелик и редко превышает 1 *ма*. Для получения же большой яркости свечения приходится увеличивать напряжение на втором аноде прожектора и при этом тем больше, чем больше экран кинескопа. Если для кинескопов с размером экрана 18 *см* было достаточно ускоряющее напряжение 8 000 *в*, то для кинескопов с диагональю экрана больше 50 *см* необходимо применять напряжение до 14—16 тыс. *в*.

Часть энергии электронов, проходящих на экран, затрачивается на возбуждение свечения люминофора, а часть — на выбивание из люминофора вторичных электронов. Вторичные электроны собираются графитовым покрытием, нанесенным изнутри колбы на стенки конуса, так как графитовое покрытие электрически соединено со вторым анодом прожектора и, следовательно, находится под высоким положительным напряжением. Если бы

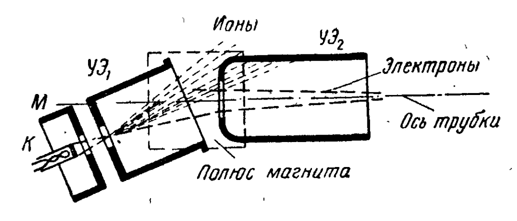


Рис. 6.

не было вторичных электронов, уходящих с экрана, отрицательный заряд, приносимый на экран электронами луча, накапливался бы на поверхности люминофора, и у экрана создалось бы тормозящее электрическое поле. В этом случае свечение экрана постепенно прекратилось бы.

В области катода образуются в небольшом количестве отрицательные ионы в результате захвата атомами кислорода медленных электронов. Эти ионы ускоряются положительным напряжением прожектора и, попадая на экран, быстро разрушают люминофор. Отклоняющая система отклоняет более тяжелые, чем электроны, ионы на очень небольшой угол, так что все ионы попадают в центральную область экрана, где люминофор теряет способность светиться; образуется темное «ионное» пятно, и кинескоп становится негодным к дальнейшей эксплуатации.

Во избежание появления ионного пятна необходимо воспрепятствовать попаданию ионов на экран. С этой целью во многих типах кинескопов применяется электронный прожектор с ионной *ловушкой*. Устройство такого прожектора показано на рис. 6. Как видно из рисунка, первая часть прожектора — катод, модулятор и первый ускоряющий электрод — расположены под углом к оси прожектора, а остальные электроды укреплены коаксиально. Снаружи горловины трубки устанавливается постоянный магнит, поле которого направляет «косой» поток электронов вдоль оси трубки. При этом ионы как более тяжелые частицы почти не отклоняются магнитом и не проходят в отверстие второго ускоряющего электрода. Благодаря этому они не попадают на экран и ионное пятно не может образоваться. Второй способ борьбы с ионным пятном, получивший распространение в новых типах кинескопов, состоит в «задержке» ионов перед самой поверхностью люминофора. Для этого на слой люминофора с внутренней стороны наносится тонкая (толщиной не более 0,001 *мм*) пленка алюминия. Быстрые электроны легко проходят через алюминиевую пленку и возбуждают свечение люминофора, а более «крупные» ионы «застревают» в алюминии и не попадают на люминофор. Алюминирование экрана имеет еще одно преимущество. Свет, испускаемый люминофором внутрь колбы, в отсутствие алюминиевой пленки просто поглощается графитовым покрытием, т. е. не используется. При наличии же алюминиевой пленки этот свет отражается от алюминия наружу, в сторону зрителя, вследствие чего яркость изображения увеличивается.

Днище колб кинескопов часто делают из «дымчатого» стекла для увеличения контраста изображения при рассматривании его в освещенном помещении. Свет от люминофора проходит сквозь дымчатое стекло, поглощающее часть световой энергии, только 1 раз — от люминофора к зрителю, а свет от внешнего источника — 2 раза: от источника к люминофору и затем, отразившись от люминофора, к зрителю. Поэтому свет от внешнего источника ослабляется значительно сильнее, чем свет от люминофора, благодаря чему контраст изображения повышается.

Все современные кинескопы имеют прямоугольный экран. Наиболее распространены кинескопы с диагональю экрана 35 и 43 *см*. В новых типах телевизоров применяются кинескопы с диагональю 47 и 59 *см*. Разрабатываются кинескопы с еще большим экраном — до 75 *см*. В то же время, несмотря на увеличение размеров экрана, длина современных кинескопов меньше, чем у ранее выпускавшихся, благодаря увеличению угла отклонения луча. Из

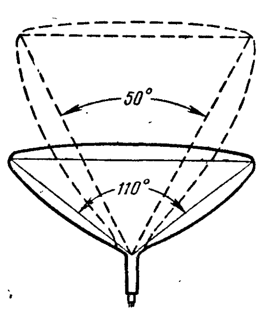


Рис. 7.

рис. 7 видно, что увеличение угла отклонения с 50 до 110° позволило уменьшить длину кинескопа более чем вдвое. Поэтому все новые кинескопы имеют угол отклонения луча не меньше 100°.

Кинескопы, выпускаемые отечественной промышленностью, имеют типовое обозначение, состоящее из пяти элементов. На первом месте стоит число, обозначающее размер экрана (диагональ) в сантиметрах, на втором месте стоит буква «Л», обозначающая принадлежность к группе электроннолучевых приборов, следующая буква «К» — обозначение кинескопа, затем следует число — порядковый номер заводской разработки, и на последнем месте стоит буква «Б», обозначающая тип экрана с белым цветом свечения. Например, электроннолучевая трубка типа 43ЛК9Б является кинескопом с диагональю экрана 43 *см* и белым цветом свечения экрана.

ТЕЛЕВИЗОР ИЗ УНИФИЦИРОВАННЫХ БЛОКОВ[1]

Хотите сделать телевизор? Итак, радиоприемники вы уже собирали. Всякие — ламповые, транзисторные, прямого усиления и супергетеродинные. Некоторые вам удалось хорошо наладить, особенно после того, как в вашей домашней лаборатории появились кое-какие измерительные приборы.

А вот теперь хочется заняться телевидением. Вы мечтаете сделать телевизор. И хороший — с большим экраном! Вы бы давно начали его строить (схем самодельных телевизоров в журнале «Радио» сколько хочешь!), но, честно говоря, страшновато: справитесь ли? В самом деле, в схеме телевизора около сотни резисторов, столько же конденсаторов, почти два десятка ламп, несколько трансформаторов, десятки контуров, диоды, варисторы! Сколько же потребуется времени, чтобы все это смонтировать! А сможете ли наладить?

Слов нет, телевизор — вещь сложная. Сделать его не просто, но можно, только не надо весь телевизор делать самому...

Если взять даже хорошую проверенную схему и начать по ней делать телевизор, так сказать, на пустом месте, т. е. самому делать шасси, затем на нем устанавливать детали, делать электрический монтаж, налаживать схему, причем обязательно выяснится, что некоторые детали расположены неудачно и придется перемонтировать какой-нибудь блок и т. д., то это огромная работа. Не знаю, под силу ли она вам, особенно если ваш радиолюбительский опыт еще невелик. К тому же такой титанический труд целесообразен только в том случае, если вы самостоятельно конструируете какой-то уникальный телевизор, например, для сверхдальнего приема — очень чувствительный, способный принимать телецентры, работающие на необычных частотах и пр. Но ведь пока вам нужен обычный телевизор.

А такой телевизор значительно легче, проще и быстрее можно сделать из готовых заводских блоков, которые бывают в продаже. И уверяю вас, это не менее интересно, чем делать его весь самостоятельно. Даже более того, использование готовых блоков сделает работу более интересной и «радиотехнической», так как основное время будет затрачено не на изготовление шасси, панелей, установку деталей и монтаж, а на налаживание, работу с измерительными приборами и доводку телевизора по изображению. И самое главное, изготовление телевизора из готовых блоков — дело вполне реальное даже при вашем еще небольшом радиолюбительском опыте, в то время как сделать телевизор на «пустом месте» вы вряд ли сможете.

Надо сказать, что в последнее время купить полный комплект блоков телевизора стало сравнительно легко — их можно купить в магазине, в телеателье или получить через Посылторг. Это объясняется тем, что в 1963—1964 гг. были разработаны схемы унифицированных телевизоров III класса УНТ-35 (с кинескопом с диагональю экрана 35 *см*) и телевизоров II класса УНТ-47/59 (с кинескопом с диагональю экрана 47 или 59 *см*). Сейчас практически все заводы перешли на изготовление этих унифицированных телеви-

[1] Автор А. Г. Соболевский.

зоров, но с различным внешним оформлением и под разными названиями. Например, телевизоры УНТ-47 и УНТ-59 выходят под названием «Огонек», «Электрон», «Березка», «Рубин-106», «Восход», «Горизонт», «Лотос» и др. Их конструкция состоит из стандартных печатных блоков, которые заводы изготовляют в виде «запасных частей», полностью настроенных и готовых к работе, — надо только вставить лампы в панельки и сделать соответствующие подключения к другим блокам телевизора. При повреждении блока его вынимают из телевизора и вместо него вставляют запасной, который, вероятнее всего, не придется подстраивать, так как он уже настроен на заводе-изготовителе. Не правда ли — удобно для работников телеателье! Вот из этих-то блоков я и предлагаю вам собрать телевизор.

Комплект блоков телевизора УНТ-47/59 (например, от телевизора «Рубин-106»), состоящий из четырех блоков, включая высокочастотный блок ПТК-3 (можно ПТК-5/7) или ПТК-7, стоит около 70 руб. Это без стоимости электронных ламп и кинескопа. Помимо покупки блоков придется самому изготовить блок питания (унифицированные трансформатор питания и дроссель можно купить или намотать самостоятельно), а также надо будет смонтировать выходной каскад строчной развертки, которого нет на печатном блоке разверток. Для этого каскада надо будет приобрести унифицированный строчный выходной автотрансформатор ТВС-110АМ или ТВС-110АЛ. Придется купить также унифицированный выходной трансформатор кадров ТВК-110А, унифицированную отклоняющую систему ОС-110А и некоторые мелочи (резисторы, конденсаторы, электролитические конденсаторы, варисторы и т. п.). Наконец, ящик, но его можно сделать и самому. Все это, вместе с блоками, лампами и кинескопом, будет стоить 200—250 руб. (зависит от того, будете ли вы покупать кондиционный или некондиционный кинескоп).

Вы согласны собрать телевизор из блоков? Современный, снабжённый многими автоматическими устройствами, с огромным экраном! Тогда займемся этим всерьёз!

Телевизор УНТ-47/59. Блок-схема унифицированного телевизора УНТ-47/59 изображена на рис. 1. Сигнал из антенны поступает на вход блока ПТК (блок переключения телевизионных каналов) — в усилитель высокой частоты (УВЧ). Назначение УВЧ такое же, как в обычном радиовещательном приёмнике, т. е. он должен значительно ослабить сигналы мешающих радиостанций (телевизионных или радиовещательных, ибо они вызывают сетку на экране), а также препятствовать прохождению колебаний гетеродина в антенну, так как эти колебания служат помехами для других телевизоров. Но в отличие от УВЧ радиовещательного приёмника, имеющего узкую полосу пропускания (порядка десятков или сотни килогерц), УВЧ блока ПТК должен иметь полосу пропускания не менее 7—10 *Мгц*, чтобы пропустить без ослабления несущие изображения и звукового сопровождения, отстоящие друг от друга по частоте на 6,5 *Мгц*. Таким образом, УВЧ должен одновременно принимать две радиостанции: передающую сигнал изображения (видеосигнал) и передающую сигнал звукового сопровождения.

За УВЧ в блоке ПТК следует смеситель (См) и гетеродин (Г), назначение которых такое же, как и в радиовещательном приёмнике. На выходе смесителя образуются промежуточная частота несущей изображения 38 *Мгц* и промежуточная частота несущей звукового сопровождения 31,5 *Мгц*. Разность между ними по частоте 6,5 *Мгц*, естественно, сохраняется.

Как вы знаете, в настоящее время телевизионные программы передаются на двенадцати каналах на частотах от 50 до 230 *Мгц*. Чтобы телевизор мог принимать любой из этих каналов, в блоке ПТК установлен барабанный переключатель входных контуров, контуров УВЧ и контуров смесителя и гетеродина. Только не надо думать, что двенадцатиканальный телевизор в любом городе обязательно будет принимать двенадцать различных программ. Дело в том, что телевизор способен устойчиво принимать ту телевизионную или ретрансляционную станцию, которая находится не далее 25—50 *км* от его антенны. Если телевизионная станция мощная (как, например, в Москве), то это расстояние может увеличиться до 100—150 *км*, но в этом случае нужна хорошая и высокая антенна. Поэтому обычно телевизор принимает только

одну-две программы, хотя в СССР телецентры работают почти на всех двенадцати каналах. Так много каналов выбрано для того, чтобы в городах, близко расположенных один от другого, можно было «подальше» разнести по частоте телецентры и они не создавали бы взаимных помех на экране телевизора. Например, в Москве, где телевещание ведется по четырем программам, используются 1, 3, 8 и 11-й каналы.

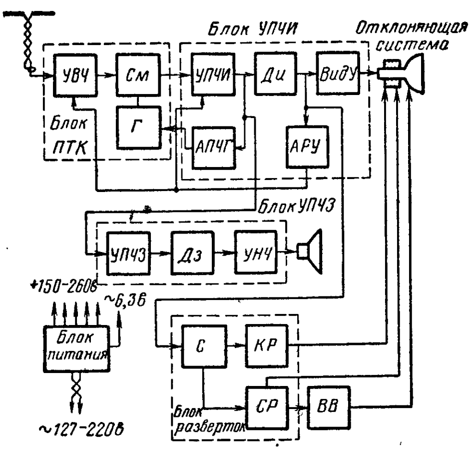


Рис. 1. Блок-схема телевизора.

Но вернемся к блок-схеме телевизора. С выхода смесителя блока ПТК промежуточные частоты сигналов изображения и звукового сопровождения попадают в усилитель промежуточной частоты видеоканала (УПЧИ). Назначение этого усилителя то же, что и в радиовещательном приемнике, т. е. создание основного усиления сигналов принимаемой телевизионной станции и подавление сигналов, расположенных близко к частотам принимаемого канала. Но если полоса пропускания УПЧ радиоприемника обычно 5—10 *кгц*, то полоса пропускания телевизионного УПЧИ много больше — 4,5—5 *Мгц*, причем если полоса пропускания меньше 4,5 *Мгц*, то четкость изображения на экране телевизора значительно ухудшается. Объясняется это следующим.

Для передачи мелких деталей (а именно они создают впечатление четкого изображения) необходимы очень быстрые изменения интенсивности луча кинескопа. В свою очередь, для этого необходимы быстрые изменения видеосигнала, который управляет интенсивностью луча, заставляя его «рисовать» изображение на экране телевизора. Из радиотехники известно, что чем более быстрые изменения сигнала должны быть пропущены усилителем, тем шире должна быть его полоса пропускания. Именно поэтому полоса пропускания УПЧИ должна быть столь значительной и не менее 4,5 *Мгц*. При этом форма его частотной характеристики должна быть такой, какая показана на рис. 2. Из рисунка видно, что в районе промежуточной частоты несущей изображения характеристика имеет пологий склон, а противоположный крутой склон расположен возможно ближе к промежуточной частоте несущей звукового сопровождения. Отметим, что несущую изображения располагают в середине склона. Если положение несущей сместить по склону частотной характеристики вправо, т. е. ниже уровня 0,5 характеристики, то происходит ослабление усиления низкочастотных составляющих и повышается усиление высокочастотных составляющих. В результате на экране телевизора появляются серые полосы вправо от неподвижных темных предметов, увеличивается резкость перехода между темными и светлыми частями изображения, нарушается контрастность изображения. При смещении несущей изображения по склону частотной характеристики влево возрастает усиление низкочастотных составляющих видеосигнала и ослабляется усиление высокочастотных составляющих. Это приводит к нарушению воспроизведения оттенков и потере четкости мелких деталей.

От левого склона частотной характеристики зависит ширина полосы пропускания усилителя, т. е. четкость принимаемого изображения. Однако слишком большая крутизна этого склона приводит к значительным фазовым искажениям, которые выражаются в том, что на изображении возникает так называемый «звон» — многочисленная белая окантовка предметов. В то же время левый склон характеристики не должен быть слишком пологим, так как в этом случае сужается полоса пропускания УПЧИ, ухудшается четкость

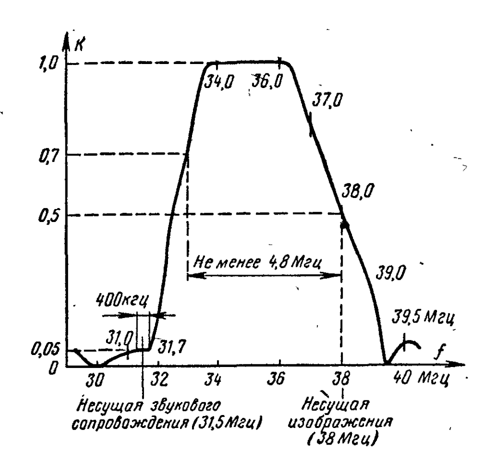


Рис. 2. Типовая частотная характеристика усилителя промежуточной частоты канала изображения.

изображения, а также снижается избирательность к сигналам звукового сопровождения.

Неравномерность частотной характеристики УПЧИ в полосе пропускания по отношению к уровню на частоте, отстоящей на 1 *Мгц* от промежуточной частоты несущей изображения, не должна превышать 30%. Провал характеристики на средних частотах приводит к плохой передаче полутонов средних по размерам деталей изображения, появлению серых линий и белых «хвостов» около вертикальных черных линий.

Теперь рассмотрим избирательные свойства УПЧИ. Более всего может помешать видеоканалу сигнал звукового сопровождения этой же программы, расположенный на 6,5 *Мгц* выше частоты несущей изображения (в УПЧИ частота этого сигнала оказывается ниже частоты несущей изображения, т. е. 31,5 *Мгц*, тогда как частота несущей изображения 38 *Мгц*). Однако оба сигнала должны усиливаться УПЧИ. При этом уровень сигнала звукового сопровождения не должен быть большим, иначе после видеодетектора образуется помеха с частотой 6,5 *Мгц*, которая вызовет на экране мелкую сетку. Практически эта помеха всегда присутствует, но она не заметна на экране, если напряжение сигнала звукового сопровождения на выходе видеодетектора по уровню не превышает 5—10% напряжения сигналов изображения. Участок частотной характеристики УПЧИ, в середине которого расположена промежуточная частота несущей звукового сопровождения, должен располагаться на уровне 0,1—0,05 от уровня характеристики в полосе пропускания и иметь вид ступеньки шириной 0,5 *Мгц*. Ровная вершина этой ступеньки необходима для того, чтобы избежать детектирования частотно-модулированных сигналов звукового сопровождения в канале изображения. Ширина ступеньки выбирается несколько шире полосы частот, занимаемой сигналом звукового сопровождения. Это необходимо для того, чтобы при уходе частоты гетеродина сигнал звукового сопровождения не оказался бы на склоне частотной характеристики УПЧИ. Если это произойдет, то в такт с звуковым сопровождением на экране телевизора появятся темные горизонтальные полосы. Заметим, что соотношение между уровнями промежуточных частот несущих сигналов изображения и звука на входе видеодетектора выбирается с учетом возможности подавления фона кадровой частоты в канале звукового сопровождения.

Другими мешающими сигналами являются несущие частоты звука и изображения соседних каналов, которые в УПЧИ расположены на +1,5 и —8 *Мгц* от промежуточной частоты несущей изображения данного канала. Сигналы этих частот, т. е. частоты 30 и 39,5 *Мгц*, должны быть максимально ослаблены, что хорошо видно на характеристике (рис. 2).

С выхода усилителя промежуточной частоты сигнал поступает на детектор изображения (ДИ), а затем выделенный видеодетектором сигнал усиливается видеоусилителем (Вид. У) до напряжения 30—40 *в*, которое необходимо для управления лучом кинескопа. Видеоусилитель должен работать в диапазоне частот от десятков герц до частот около 5,5—6 *Мгц*, что необходимо для передачи изменений фона изображения (очень низкие частоты) и мельчайших деталей изображения (очень высокие частоты).

Типовая характеристика видеоусилителя показана на рис. 3. В диапазоне частот от десятков герц до 2,5—3 *Мгц* неравномерность характеристики не

должна превышать 20% относительно уровня на частоте 1 *Мгц*. На более высоких частотах для лучшего воспроизведения мелких деталей изображения характеристика должна иметь подъём с максимумом на частоте 5,5 *Мгц*. На частоте 6,5 *Мгц* на характеристике должен быть хорошо выраженный провал, что препятствует попаданию на кинескоп сигналов звукового сопровождения.

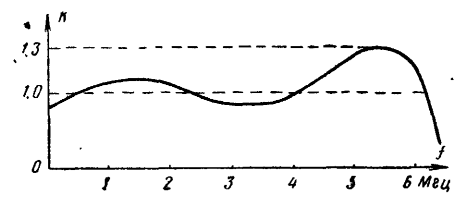


Рис. 3. Типовая частотная характеристика видеоусилителя.

С выхода видеоусилителя видеосигнал поступает на кинескоп.

Мы рассмотрели прохождение сигнала через так называемый видеоканал телевизора. Второй канал телевизора носит название канала звукового сопровождения. Вы, конечно, обратили внимание, что через УПЧИ проходят не только видеосигналы, но и сигналы звукового сопровождения, хотя их уровень по сравнению с видеосигналами невелик. С выхода УПЧИ сигнал звукового сопровождения поступает в канал звукового сопровождения, который начинается с усилителя промежуточной частоты (УПЧЗ). Этот усилитель значительно проще УПЧИ, так как его полоса пропускания всего 200—300 *кгц*, а форма частотной характеристики симметричная и одногорбая — она напоминает форму УПЧ радиоприёмника для приёма радиопередач с амплитудной модуляцией.

За УПЧЗ следует частотный детектор, такой же, как в радиоприёмнике для приёма ЧМ радиостанций. Далее идет обычный усилитель низкой частоты (УНЧ) и громкоговоритель.

Помимо описанных блоков в телевизоре имеется еще чрезвычайно важный блок разверток с устройством синхронизации. Назначение этого блока — создать на экране кинескопа растр, т. е. заставить луч двигаться слева направо (строчная развертка) и сверху вниз (кадровая развертка). Соответственно движением луча по горизонтали «заведует» строчная развертка (СР), а движением по вертикали — кадровая развертка (КР). Электронный луч начинает движение с левого верхнего угла, проходит первую строку, опускаясь на ширину одной строки, и быстро перемещается вновь на левый край изображения, проходит вторую строку и т. д., пока не закончит прохождение последней строки, после чего быстро возвращается в исходное положение. Время, в течение которого электронный луч проходит одну строку слева направо, называется временем прямого хода луча по строкам, а в течение которого возвращается на левый край изображения — временем обратного хода. Время, в течение которого электронный луч проходит все горизонтальные строки, называется временем прямого хода по кадрам, а в течение которого возвращается снизу вверх — временем обратного хода.

Поле изображения, образующееся на экране трубки в результате прочерчивания лучом всех горизонтальных строк, называют кадром, а совокупность горизонтальных строк, составляющих один кадр, как мы уже говорили, — растром.

Однако заставить луч только двигаться по экрану слева направо и сверху вниз — это еще недостаточно для получения правильного изображения. Необходимо еще обеспечить синхронность движения луча кинескопа с движением луча передающей телевизионной трубки в телестудии, иначе получится то, что изображено на рис. 4. Иными словами, необходимо синхронизировать работу строчной и кадровой разверток телевизора, иначе «кубики изображения» окажутся сложенными не в том порядке. Для этого на телецентре вырабатываются синхронизирующие импульсы, которые передаются одновременно с сигналами изображения. В телевизоре синхроимпульсы выделяются из телевизионного сигнала (они передаются во время обратного хода луча) специальным блоком синхронизации (С) и управляют работой генераторов развертки.

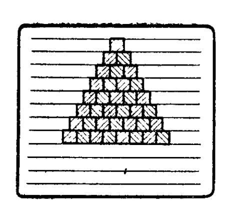
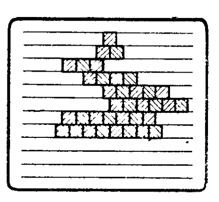
 

Рис. 4. Изображение на экране телевизора при нормальной синхронизации по строкам и кадрам (левый рисунок) и изображение на экране при отсутствии синхронизации по строкам.

Однако чтобы передать движущееся изображение, надо поступать так же, как это делают в кино. Там для этой цели на экран проецируют 24 кадра в секунду. Правда, глаз не воспринимает такую относительно малую частоту смены кадров в виде плавного движения изображения, поэтому, чтобы избежать мелькания, при помощи диска с вырезом световой поток дважды прерывают за каждый кадр. Таким образом, при проекции 24 кадров в секунду световой поток прерывается 48 раз (мелькания исчезают при 45). Нечто подобное происходит и в телевидении. Здесь для этой цели применяют чересстрочную развертку, с помощью которой кадр передаётся двумя полями. Первое из них образуется из нечётных строк, т. е. 1, 3, 5-й и т. д., а второе — четных: 2, 4, 6-й и т. д. Так как каждое поле передается за $^1/_{50}$ секунды, глаз мельканий не замечает, хотя число кадров всего 25.

Остается лишь упомянуть о блоке питания телевизора, который не имеет каких-либо принципиальных отличий от соответствующего блока обычного радиоприемника.

Вот теперь, когда мы рассмотрели блок-схему телевизора, перейдем к разбору принципиальных схем блоков телевизора УНТ-47/59.

Блоки телевизора и их работа

Высокочастотный блок. В телевизоре УНТ-47/59 применен высокочастотный блок ПТК-7 с электронной настройкой частоты гетеродина. Принципиальная схема этого блока приведена на рис. 5. На входе блока включен частотный фильтр C_1L_{13} и C_2L_{14}, предназначенный для подавления помех в полосе частот 31—38 *Мгц*. Связь антенны с контуром УВЧ осуществляется при помощи емкостного делителя, образованного конденсаторами C_3 и C_4, которые одновременно используются для согласования входной цепи с кабелем. Напряжение принимаемого сигнала выделяется на контуре, образованном индуктивностями L_{15}, L_{1-1} и ёмкостями C_3 — C_6 и входной ёмкостью лампы УВЧ. Подстройка этого контура на частоту принимаемого сигнала производится на 1—5 каналах подстроечным конденсатором C_5, а на 6—12 каналах — изменением индуктивности дросселя L_{15}.

Усилитель высокой частоты работает по каскодной схеме, т. е. триоды лампы $Л_1$ включены последовательно. Настройка дросселя L_{16} выбрана такой, чтобы создавать подъём усиления на 6—12 каналах. Нагрузкой второго каскада УВЧ служит полосовой фильтр L_{18}, L_{1-2}, L_{1-3}, L_{19}. Подстройка этого фильтра на 1—5 каналах производится конденсаторами C_{10} и C_{15} и индуктивностями L_{18} и L_{19} — на 6—12 каналах.

Гетеродин собран по трехточечной схеме на триодной части лампы $Л_2$. Напряжение гетеродина подается на управляющую сетку пентодной части этой лампы через конденсатор C_{20}. Электрическая подстройка частоты гетеродина осуществляется с помощью варикапа $Д_1$. О том, как это происходит, мы поговорим позднее. Контур гетеродина настраивается на первых пяти каналах конденсатором C_{26}, а на остальных каналах — индуктивностью L_{21} путем изменения расстояния между витками.

Смеситель работает на пентодной части лампы $Л_2$. Принимаемый сигнал поступает на управляющую сетку. Нагрузкой смесителя служит трехконтурный фильтр промежуточной частоты L_{26} — L_{28}.

Катушки индуктивности каждого канала выполнены в виде печатных линий на пластинках из фольгированного гетинакса и стеклотекстолита, укрепленных на барабанном переключателе. Катушки всех сменных контуров

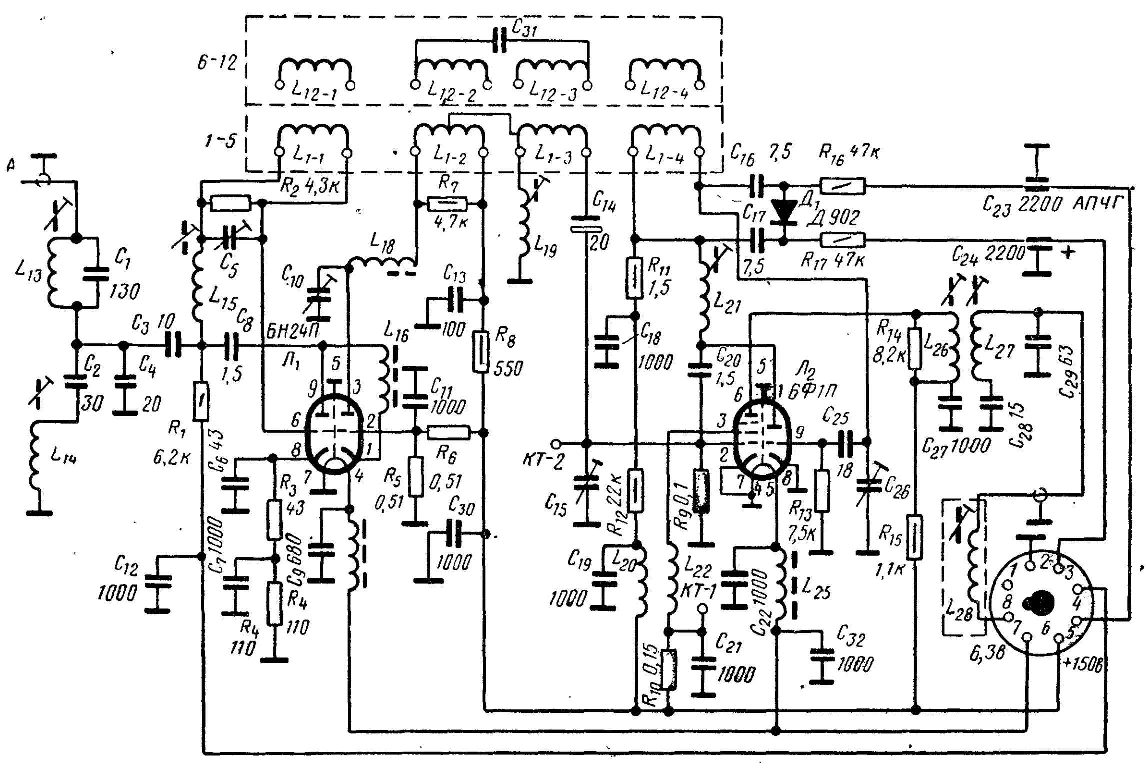


Рис. 5. Принципиальная схема блока ПТК-7.

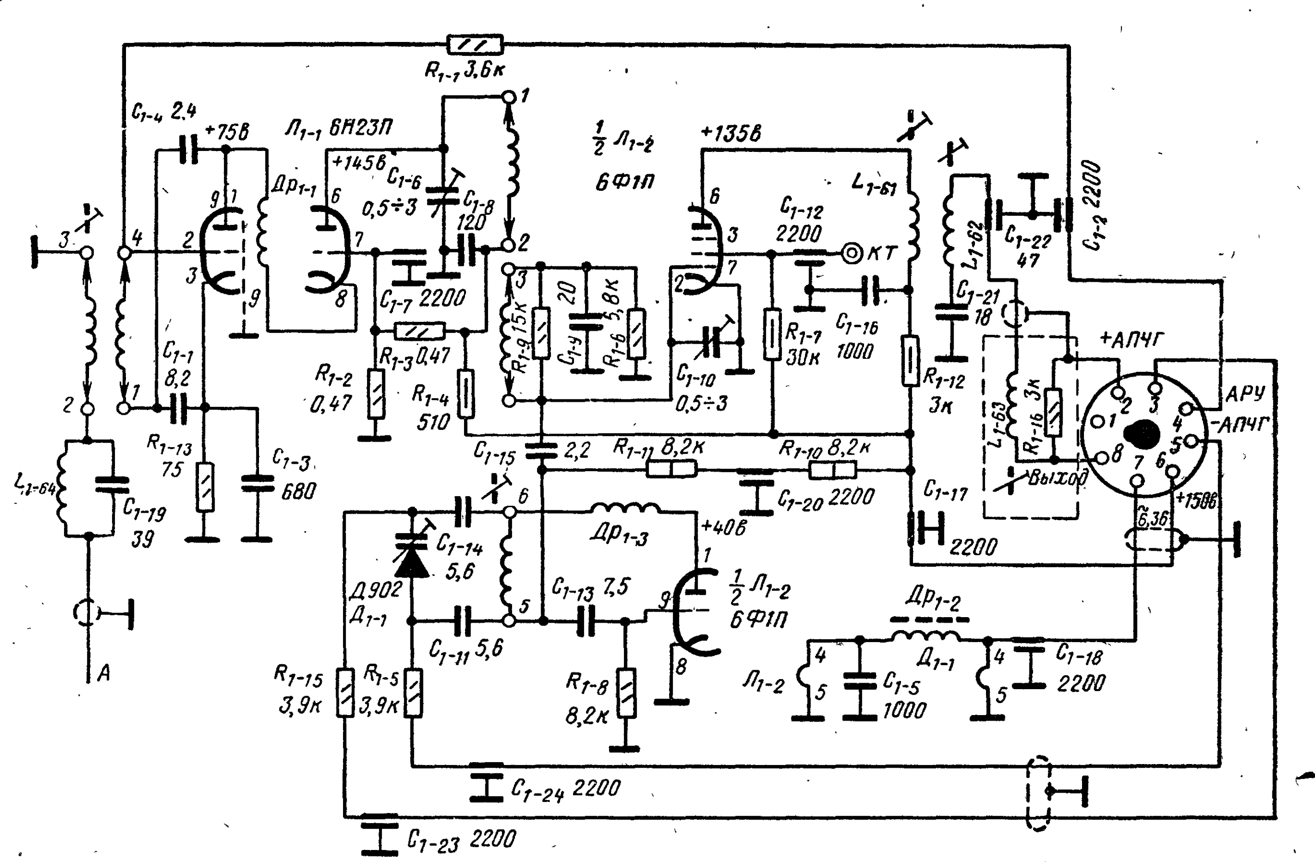


Рис. 6. Принципиальная схема блоков ПТК-5/7 и ПТК-3.

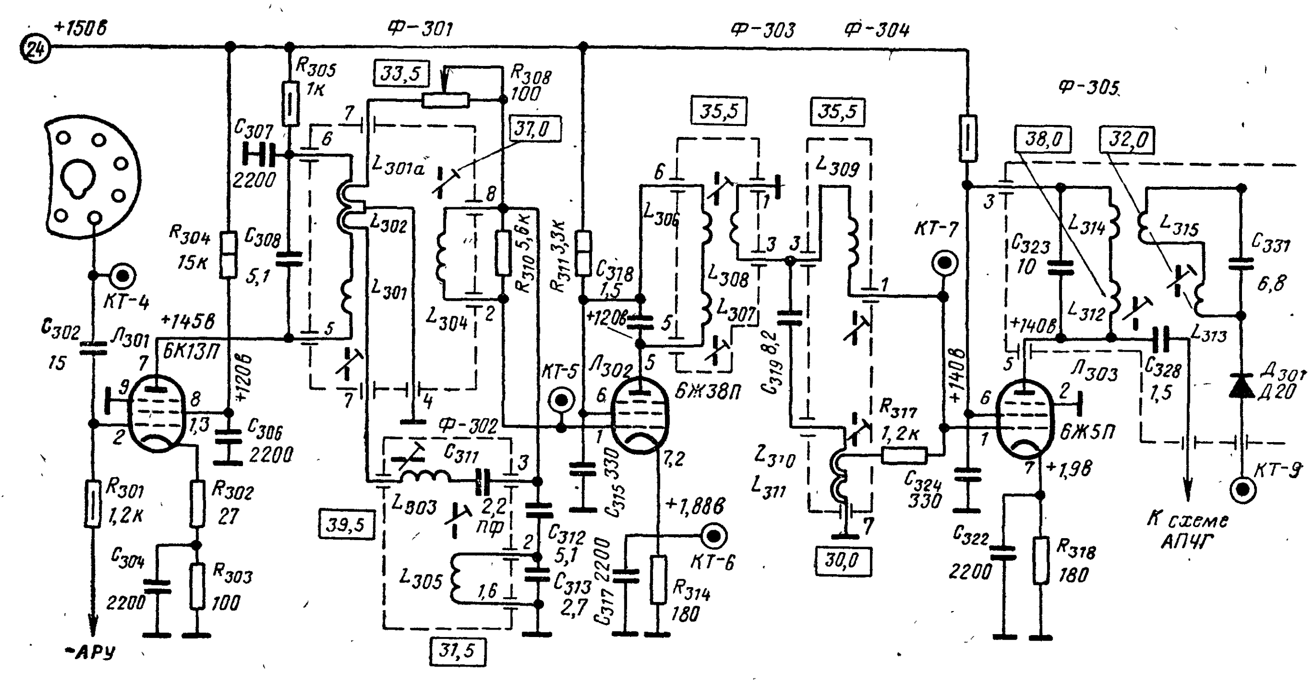


Рис. 7. Принципиальная схема усилителя промежуточной частоты канала изображения (цифры в кружках обозначают соответствующие контакты на печатной плате блока УПЧИ).

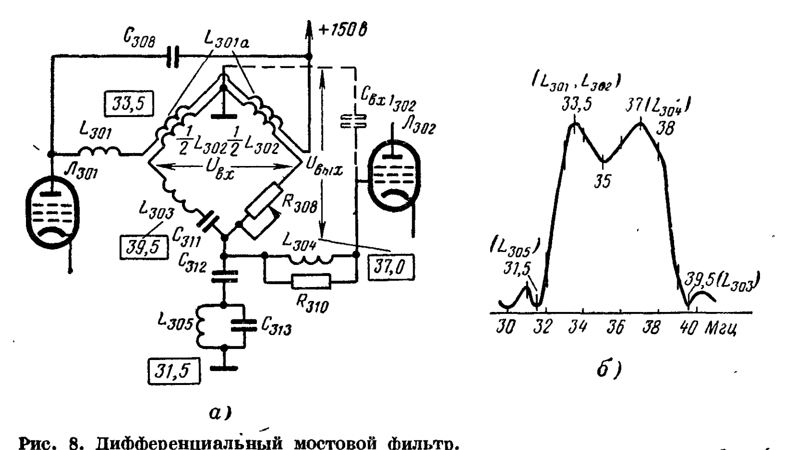


Рис. 8. Дифференциальный мостовой фильтр.

а — принципиальная схема; *б* — частотная характеристика фильтра.

одного канала выполнены на общей пластинке. Для смены деталей блока ПТК-7 надо снять барабан, а для доступа к контрольным точкам и монтажу — верхнюю крышку с экранами ламп.

В телевизоре УНТ-47/59 могут работать также блоки ПТК-5/7 или ПТК-3. Принципиальные схемы этих блоков одинаковы (рис. 6). От блока ПТК-7 они отличаются некоторыми схемными особенностями, а в основном тем, что их контуры (в барабанном переключателе) имеют обычную конструкцию, а не печатную, как у блока ПТК-7. Хотя блок ПТК-7 разработан позднее этих блоков, практика показала, что блоки ПТК-5/7 и ПТК-3 более надёжны. Друг от друга блоки ПТК-5/7 и ПТК-3 отличаются лишь конструктивными особенностями и расположением ламп и секторов на барабанном переключателе. Все блоки полностью взаимозаменяемы.

Усилитель промежуточной частоты канала изображения состоит их трех каскадов (рис. 7). В качестве анодной нагрузки первого каскада используется дифференциальный мостовой фильтр, схема которого изображена отдельно на рис. 8,*а*. Связь между анодным контуром $L_{301}C_{308}$ и сеточным контуром $L_{304}C_{вх}L_{302}$ осуществляется через мостовую схему, образованную двумя половинами катушки индуктивности L_{302} в одной половине моста и контуром $L_{303}C_{311}$ и переменным резистором R_{308} в другой половине. При этом контур $L_{301}C_{308}$ формирует частотную характеристику в области частот 33—33,5 *Мгц*, а контур L_{304} $C_{вх}L_{302}$ в области 37 *Мгц*. Основная задача этого моста — вырезать частоты, лежащие за пределами его полосы пропускания, т. е. частоту звукового сопровождения соседнего канала 39,5 *Мгц*, и ослабить несущую звукового сопровождения собственного канала 31,5 *Мгц*; кроме того, ослабление колебаний с частотой 31,5 *Мгц* обеспечивается еще и режекторным контуром $L_{305}C_{313}$. Мост балансируется регулировкой резистора R_{308}. Вся система контуров этого моста обеспечивает характеристику, показанную на рис. 8,*б*.

Для заполнения провалов характеристики и подавления мешающих колебаний на частотах вне полосы пропускания фильтра служат контуры в последующих каскадах УПЧИ. Во втором каскаде расположен полосовой фильтр L_{306}, L_{307}, C_{318} и L_{308}, L_{309}, $C_{вх}$, где $C_{вх}$ — суммарная входная ёмкость третьего каскада. Фильтр настраивается на среднюю частоту полосы пропускания 35,5 *Мгц*. Связь между контурами регулируется сердечником. Для подавления промежуточной частоты несущей изображения соседнего канала 30 *Мгц* имеется режекторный контур L_{310}, L_{311}, настроенный на эту частоту. Он имеет две обмотки: основную и компенсационную, намотанную в обратную сторону. Благодаря этому напряжение режектируемой частоты на сетку лампы

третьего каскада подается в противофазе, что увеличивает глубину режекции.

Третий каскад нагружен на полосовой фильтр L_{312}, L_{314}, C_{323} и L_{313}, L_{315}, C_{331}. Анодный контур настроен на частоту 39 *Мгц*, а второй (детекторный) контур — на частоту 32 *Мгц*.

Обычно форма частотной характеристики УПЧИ зависит от величины напряжения АРУ. Чтобы избежать изменения формы характеристики и связанных с этим искажений изображения, регулируемый каскад (на который подается напряжение АРУ — лампа $Л_{301}$) охвачен отрицательной обратной связью по току через резистор R_{302}. Однако при этом возникает также положительная обратная связь за счет прохождения сигнала в цепь управляющей сетки из анодной цепи через проходные ёмкости лампы. При этом возникает самовозбуждение усилителя. Поэтому для телевизора УНТ-47/59 была разработана специальная лампа 6К13П с малой проходной ёмкостью. Кроме того, для повышения устойчивости работы УПЧИ во втором и третьем каскадах применена нейтрализация проходных ёмкостей ламп, выполненная по мостовой схеме. Баланс нейтрализующих мостов (нейтрализуется связь, образованная значительной проходной ёмкостью анод — управляющая сетка и экранирующая сетка — управляющая сетка) производится путем подбора ёмкостей развязывающих конденсаторов C_{315} и C_{324} в цепях экранирующих сеток ламп $Л_{302}$ и $Л_{303}$. Питание анодов и экранирующих сеток ламп этих каскадов осуществляется через развязывающие фильтры $R_{311}C_{315}$ для второго каскада и $R_{319}C_{324}$ для третьего каскада. Для развязки первого каскада служат фильтры $R_{305}C_{307}$ и $R_{304}C_{306}$.

Смещение ламп — автоматическое, за счет ячеек $R_{303}C_{304}$, $R_{314}C_{317}$ и $R_{318}C_{322}$.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина. С выхода УПЧИ видеосигнал промежуточной частоты подается на видеодетектор и на блок автоматической подстройки частоты гетеродина. Назначение этого блока — поддерживать частоту гетеродина такой, чтобы промежуточная частота несущей изображения всегда находилась в одной и той же точке на правом склоне частотной характеристики УПЧИ, а именно на уровне 0,5 (рис. 2). Как следует из принципа супергетеродинного приема, положение этой несущей на характеристике УПЧИ зависит от частоты гетеродина, а она изменяется как в результате изменения параметров деталей схемы гетеродина, их прогрева и колебания питающих напряжений, так и в результате переключений в контуре гетеродина при переходе с одного принимаемого канала на другой. Во всех этих случаях приходится подстраивать гетеродин. Чтобы избавиться от ручной подстройки, в телевизоре УНТ-47/59 введена автоматическая подстройка гетеродина.

Как вы помните, для электрической подстройки частоты гетеродина в его контур введен специальный управляемый полупроводниковый элемент — варикап $Д_1$, ёмкость которого зависит от приложенного к нему напряжения. Изменяя это управляющее напряжение, можно изменять ёмкость варикапа и тем самым изменять частоту настройки гетеродина. Естественно, управляющее напряжение должно вырабатываться специальным блоком, который сравнивает фактическую частоту гетеродина с номинальной и в зависимости от величины и знака расстройки вырабатывает то или иное управляющее напряжение, которое воздействует на варикап и вызывает изменение частоты гетеродина в сторону, обратную расстройке. По мере приближения частоты гетеродина к номинальной управляющее напряжение уменьшается и в момент равенства фактической и номинальной частот становится равным нулю. Таким образом, частота гетеродина все время находится «под наблюдением» и практически неизменна. Надо только иметь в виду, что в практической схеме АПЧГ (автоматическая подстройка частоты гетеродина) измеряется и сравнивается не непосредственно частота гетеродина (что неудобно, особенно из-за того, что при переходе с канала на канал фактическая и номинальная частота гетеродина изменяются), а сравнивается фактическая промежуточная частота несущей изображения с её номинальным значением 38 *Мгц* и определяется величина и знак расстройки. Не правда ли, результат

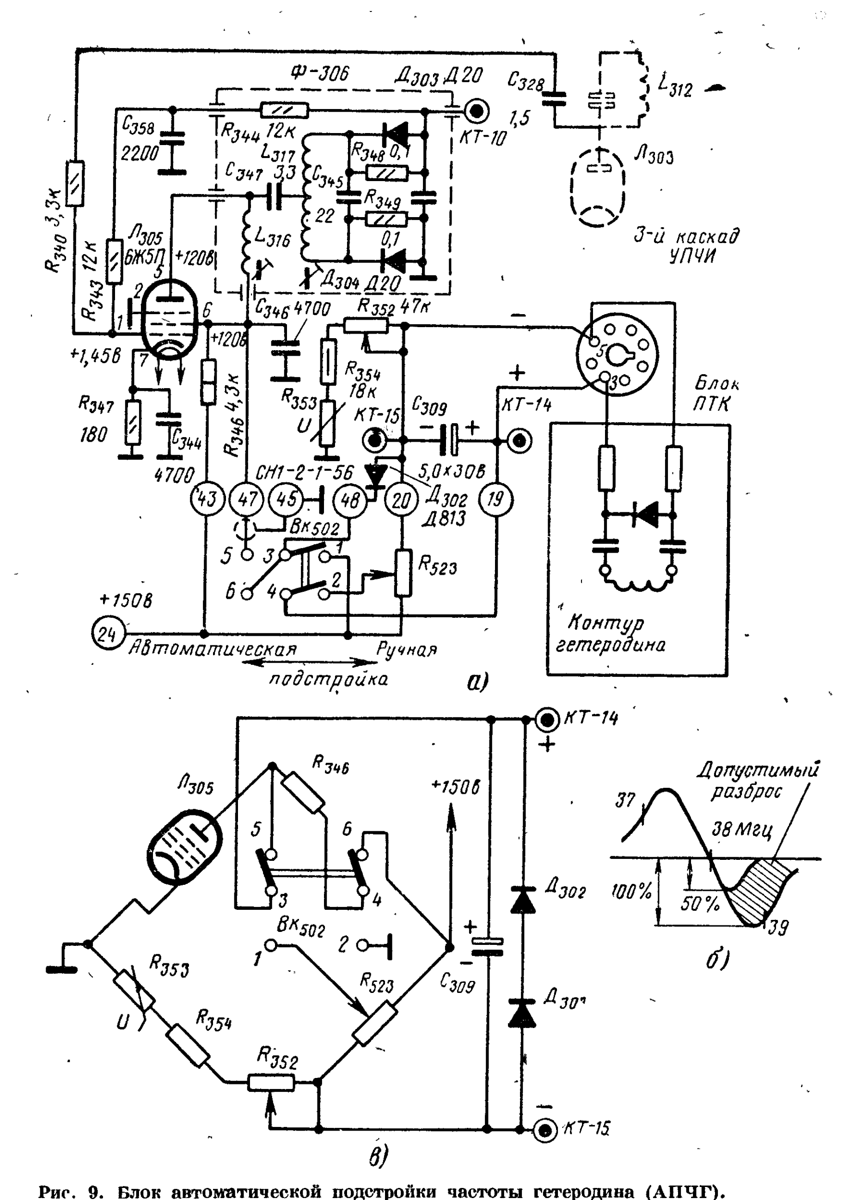


Рис. 9. Блок автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ).

а — принципиальная схема; *б* — частотная характеристика частотного детектора блока АПЧГ; *в* — мостовая схема, вырабатывающая управляющее напряжение для варикапа контура гетеродина.

должен быть одним и тем же, поскольку промежуточная частота несущей изображения зависит от частоты гетеродина?

Схема АПЧГ телевизора УНТ-47/59 показана на рис. 9. Видеосигнал с выхода УПЧИ поступает через конденсатор C_{328} и резистор R_{340} на управляющую сетку лампы $Л_{305}$, в аноде которой включен контур частотного детек-

тора L_{316}, $L_{317}C_{345}$, настроенный на номинальную промежуточную частоту несущей изображения 38 *Мгц* (рис. 9, *б*). Если фактическая промежуточная частота несущей совпадает с частотой настройки контура частотного детектора, то на выходе этого детектора (контрольная точка $КТ_{10}$) напряжение отсутствует. Однако как только промежуточная частота несущей отклонится от номинального значения 38 *Мгц*, на выходе детектора появится напряжение постоянного тока (вы знакомы с работой частотного детектора по радиоприёмнику с ЧМ диапазоном), величина и знак которого зависят от величины и знака расстройки. Это напряжение через фильтр, образованный резисторами R_{343}, R_{344} и конденсатором C_{358}, поступает на управляющую сетку лампы $Л_{305}$; этот фильтр необходим для того, чтобы увеличить инерционность схемы АПЧГ, иначе она будет реагировать на модуляцию промежуточной частоты сигналами изображения и возникнут искажения.

Управляющее напряжение, которое будет подано на варикап контура гетеродина, вырабатывается мостовой схемой, образованной лампой $Л_{305}$, резисторами R_{346}, R_{523}, R_{352}, R_{354} и варистором R_{353} (см. рис. 9, *в*). К одной диагонали этого моста приложено напряжение питания, а с другой диагонали снимается управляющее напряжение для блока ПТК.

В исходном положении мост регулируют потенциометром R_{352} таким образом, чтобы частота гетеродина, а следовательно, и промежуточная частота несущей изображения была равна номинальному значению 38 *Мгц*. Тогда при расстройке на выходе частотного детектора появится положительное или отрицательное напряжение, которое поступит на управляющую сетку лампы $Л_{305}$, и внутреннее сопротивление этой лампы изменится соответствующим образом. В свою очередь это изменит соотношение сопротивлений плеч мостовой схемы, в которую включена лампа $Л_{305}$, а значит, изменится и управляющее напряжение, т. е. начнется процесс возвращения промежуточной частоты несущей изображения к её номинальному значению.

Варистор R_{353} стабилизирует величину управляющего напряжения при колебаниях напряжения сети.

При сильных помехах схема АПЧГ работает плохо. В этом случае её можно выключить тумблером $Вк_{502}$ и перейти на ручную электронную настройку частоты гетеродина по изображению на экране телевизора. Такая настройка производится ручкой потенциометра R_{523}. При этом анодное питание лампы $Л_{305}$ отключается и напряжение +150 *в* подается на делитель, образованный резисторами R_{523}, R_{352}, R_{354} и варистором R_{353}. Управляющее напряжение снимается с движка резистора R_{523} и подается на варикап блока ПТК.

Если вы живете недалеко от телевизионной передающей станции и телевизионный сигнал будет сильным, то схема АПЧГ наверняка будет работать хорошо и тумблер $Вк_{502}$ с резистором R_{523} можно не устанавливать. Однако я все же советую ввести в схему телевизора ручную электронную настройку частоты гетеродина, так как при проверке телевизора часто желательно иметь возможность выключить АПЧГ, чтобы убедиться, что плохое качество изображения вызвано не дефектами автоматической подстройки, а какими-то другими неполадками в телевизоре.

Видеодетектор. Принципиальная схема видеодетектора приведена на рис. 10. Детектор работает на диоде $Д_{301}$, нагрузкой которого является резистор R_{323} и элементы коррекции частотной характеристики $Др_{301}$, $Др_{302}$, C_{332}, входная ёмкость видеоусилителя $C_{вх}$ и ёмкость монтажа $C_м$. Емкости C_{332}, $C_{вх}$ и дроссель $Др_{301}$ образуют П-образный фильтр, а $Др_{302}$ и $C_м$ — Г-образный фильтр низких частот, которые, пропуская видеочастоты, подавляют промежуточную частоту и её гармоники. Это необходимо для устранения помех, которые могут создать гармоники промежуточной частоты приёму сигналов на некоторых каналах. По этим же причинам видеодетектор и связанные с ним детали монтируются на отдельной плате и помещены в экран.

На выходе видеодетектора образуется продетектированный видеосигнал, а в результате биения между несущими выделяется сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*. Этот сигнал снимается с контура L_{318}, C_{335} и через конденсатор C_{329} подается для дальнейшего усиления на усилитель промежуточной ча-

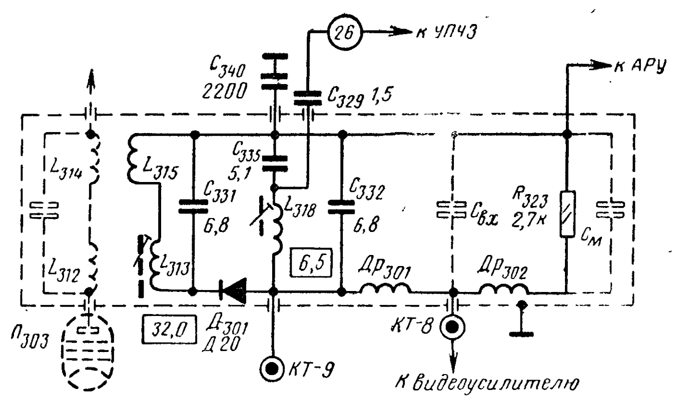


Рис. 10. Принципиальная схема видеодетектора.

стоты звукового канала УПЧЗ. Но этот же контур одновременно является и режекторным, значительно ослабляя сигнал 6,5 *Мгц* на входе видеоусилителя. Это совершенно необходимо, иначе на экране телевизора появится мелкая двигающаяся сетка.

Видеоусилитель. Сигнал на входе видеодетектора еще очень слаб, в то время как для управления кинескопом требуется амплитуда в десятки вольт. Поэтому видеосигнал необходимо усилить.

Сложность усиления детектированного видеосигнала состоит в его широкополосности (от нескольких герц до 5,5—6 *Мгц*). Кроме того, необходимо обеспечить линейность частотной и фазовой характеристик. Поэтому видеоусилитель превращается в довольно сложный блок.

Схема видеоусилителя телевизора УНТ-47/59 показана на рис. 11. Дроссель $Др_{304}$ формирует частотную характеристику в области средних частот. В цепь катода лампы включен резистор R_{320}, зашунтированный конденсатором C_{327}. Сопротивление резистора и ёмкость конденсатора выбраны так, что осуществляется обратная связь по току и тем самым создается коррекция по

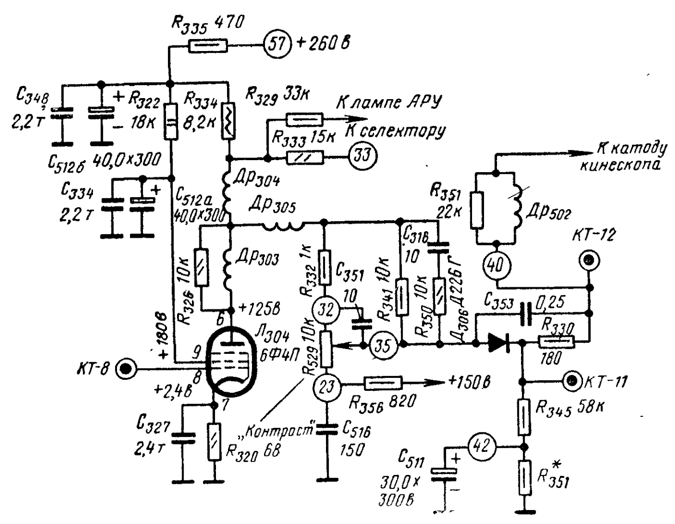


Рис. 11. Принципиальная схема видеоусилителя.

низким частотам. Этот же резистор служит и для получения напряжения автоматического смещения. Однако поскольку его сопротивление выбрано из соображений получения оптимальной обратной связи по току, то напряжение смещения, получающееся на нем, велико, и его приходится компенсировать положительным напряжением, подаваемым на управляющую сетку лампы. Это напряжение компенсации снимается с резистора R_{316} (рис. 20).

Коррекция частотной характеристики в области высоких частот осуществляется дросселями $Др_{303}$, $Др_{305}$ и $Др_{502}$, причем последний установлен непосредственно на панельке кинескопа. Назначение других корректирующих элементов в анодной цепи видеоусилителя — сохранить форму его частотной характеристики неизменной при регулировке контрастности. Цепочка C_{316}, R_{350} служит для подъёма средних и высших частот при средней контрастности, резистор R_{341} и дроссель $Др_{305}$ компенсирует изменение формы частотной характеристики при небольшой контрастности, а конденсатор C_{351} увеличивает подъём высших частот при средней и небольшой контрастности.

Регулировка контрастности осуществляется потенциометром R_{529}, включенным параллельно анодной нагрузке.

Усилитель промежуточной частоты канала звукового сопровождения двухкаскадный (рис. 12), работает на лампах $Л_{201}$ и $Л_{202}$. Его схема во многом напоминает УПЧ обычного радиоприёмника. Для получения требуемой формы частотной характеристики с полосой пропускания 250 *кгц* (именно такая полоса частот требуется для нормального приёма радиостанции с частотной модуляцией) используется полосовой фильтр L_{203}, L_{204}, C_{206} и C_{207} со связью выше критической (такой фильтр обладает двугорбой частотной характеристикой) и одиночный контур L_{202}, C_{201} в сеточной цепи лампы $Л_{201}$. Сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*, подаваемый на вход УПЧЗ, как вы помните, снимается при помощи последовательного режекторного контура L_{318}, C_{335}, включенного в цепь видеодетектора.

Для хорошего качества звукового сопровождения важно уменьшить уровень помех, создаваемых паразитной амплитудной модуляцией. Для этого лампа $Л_{202}$ работает в режиме анодно-сеточного ограничения, а также применена АРУ: управляющие сетки ламп УПЧЗ соединены между собой резистором R_{211}. Когда сигнал возрастает, в сеточной цепи лампы второго каскада возникают сеточные токи, создающие смещение на резисторе R_{206} и, следовательно, на управляющей сетке лампы $Л_{201}$; в результате усиление падает. Это предотвращает перегрузку второго каскада УПЧЗ, которая является одной из причин паразитной амплитудной модуляции, и появление сетки на экране кинескопа.

Вы, наверно, замечали, что приём звукового сопровождения у некоторых телевизоров происходит на фоне рокота, создаваемого кадровыми синхронизирующими импульсами. Это происходит потому, что в результате самопрогрева или другой причины положение нулевой точки характеристики частотного детектора (рис. 12) не совпадает с номинальным значением промежуточной частоты сигналов звукового сопровождения 6,5 *Мгц*. При этом значительно ухудшаются подавление амплитудной модуляции частотным детектором и как следствие появляется рокот кадровой частоты. Чтобы этих помех не было, надо расширить полосу подавления амплитудной модуляции. Это достигается включением последовательно с диодами детектора $Д_{201}$ и $Д_{202}$ двух резисторов R_{213} и R_{214}, один из которых переменный. Подбор сопротивления этого резистора в процессе настройки позволяет улучшить симметрию и линейность частотной характеристики и значительно расширить полосу частот, в которой происходит подавление амплитудной модуляции. Для лучшего помехоподавления включен также резистор R_{208}.

В передатчике телевизионного центра искусственно подняты высшие звуковые частоты модуляции. Это делается для улучшения соотношения сигнал/шум принимаемого сигнала. Однако это подчеркивает высшие звуковые частоты и громкоговоритель телевизора неприятно «высит». Чтобы устранить это, в телевизоре включена цепочка R_{212}, C_{527}, уменьшающая подъём высших частот в принимаемом сигнале.

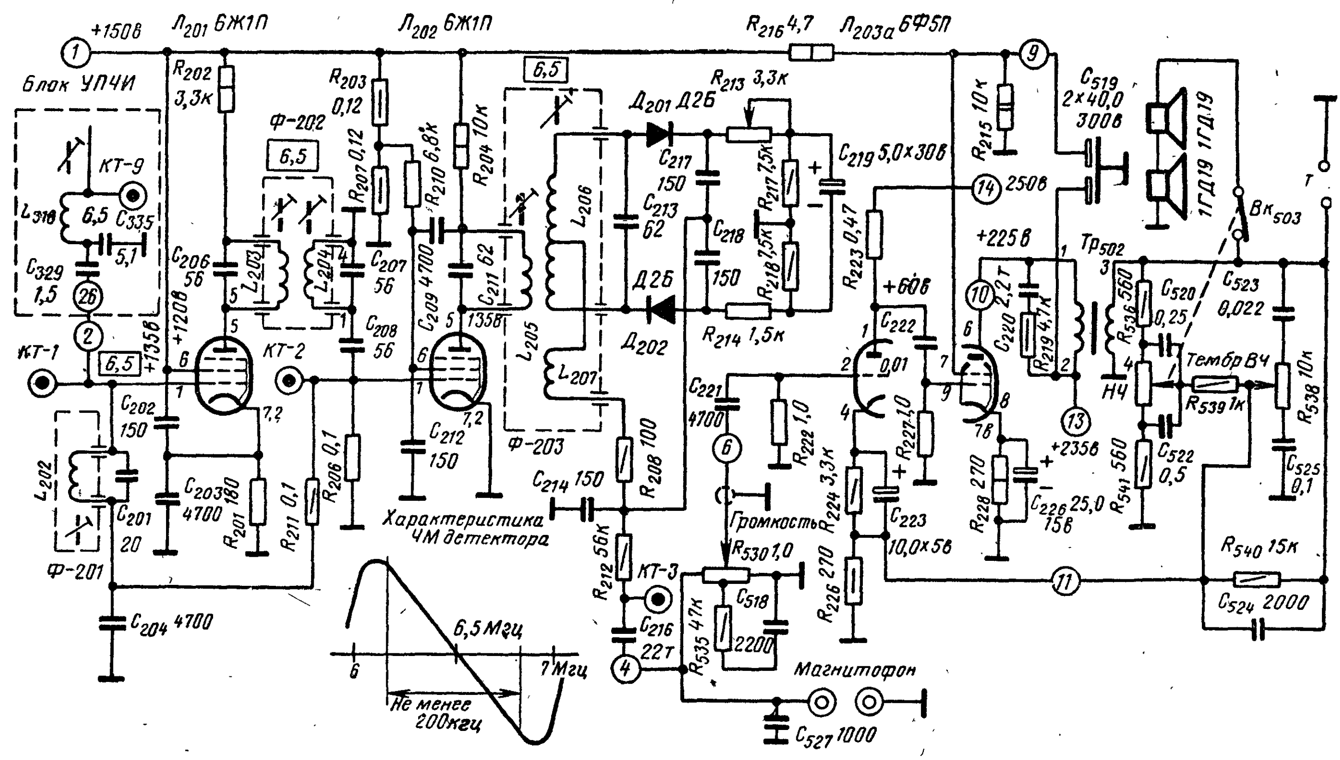


Рис. 12. Принципиальная схема блока звукового сопровождения (усилителя промежуточной частоты, частотного детектора и усилителя низкой частоты).

Схема частотного детектора ничем не отличается от схемы такого детектора в обычном радиоприемнике с ЧМ диапазоном.

Усилитель низкой частоты работает на комбинированной лампе 6Ф5П, триодная часть которой используется в каскаде предварительного усиления, а пентодная — в выходном каскаде. В УНЧ применена отрицательная обратная связь со вторичной обмотки выходного трансформатора на катод триода. В цепь обратной связи включены регуляторы тембра (раздельно высших и низших частот). Регулятор тембра низших частот связан с выключателем, который позволяет отключать громкоговорители при включении головных телефонов, что очень удобно.

Рассмотрим теперь работу наиболее специфических блоков телевизора: **блоков развертки и синхронизации.**

Устройства горизонтальной и вертикальной развертки состоят из каскадов формирования пилообразно-импульсного напряжения и выходных мощных каскадов усиления. При этом особенности выходного каскада строчной развертки состоят, во-первых, в том, что он потребляет значительно большую мощность, чем выходной каскад кадровой развертки (это объясняется тем, что за время развертки одного полукадра должно быть развернуто 312,5 строк, т. е. электронный луч должен пройти по экрану горизонтальное расстояние почти в 300 раз большее, чем по вертикали, поэтому и потребление энергии во много раз большее). Во-вторых, выходной каскад строчной развертки не только питает строчные отклоняющие катушки, но и создает во время обратного хода импульсы большой амплитуды для преобразования их высоковольтным выпрямителем в напряжение около 15 *кв*, необходимое для питания 2-го анода кинескопа, и, кроме того, образует «вольтодобавочное» напряжение, которое позволяет значительно уменьшить потребление мощности строчной разверткой (это же напряжение используется для питания задающего генератора кадровой развертки). Кроме того, выходной автотрансформатор строчной развертки связан со схемой ключевой АРУ, со схемой инерционной синхронизации, со схемами стабилизации размера и высокого напряжения и гашением обратного хода строчной развертки.

Задающим генератором строчной развертки служит мультивибратор, схема которого показана на рис. 13. Его задача — сформировать напряжение пилообразно-импульсной формы, необходимое для управления выходным каскадом. Эти импульсы должны запереть выходную лампу во время обратного хода, а затем должно произойти плавное уменьшение отрицательного напряжения на управляющей сетке выходной лампы до её отпирания. Формирование импульсов производится цепочкой R_{447}, R_{444}, C_{434}. Правый триод выполняет роль переключателя: он запирается при прямом и отпирается при обратном ходе луча. Пока правый триод заперт, происходит заряд конденсатора C_{434}, формирующий пологую часть управляющего импульса. При отпирании правого триода этот конденсатор очень быстро разряжается через триод и резистор R_{444}. После этого правый триод вновь запирается, и весь процесс формирования пилообразно-импульсного напряжения начинается сначала.

Запирание и отпирание правого триода лампы $Л_{403}$ происходит потому, что этот триод совместно с левым триодом образуют самовозбуждающийся генератор, у которого попеременно запирается то один, то другой триод. Частота генерации мультивибратора (так называется такой генератор), а следовательно, и частота пилообразно-импульсного напряжения определяется параметрами цепочки C_{431}, R_{450}, R_{452}, R_{546}. Вы, конечно, понимаете, что частота этого напряжения должна быть строго постоянной. Для этого телецентр во время обратного хода развертки передает специальные синхронизирующие импульсы, которые управляют работой мультивибратора, синхронизируя тем самым его частоту. Однако всевозможные помехи могут играть роль таких импульсов, вызывая преждевременное отпирание левого триода мультивибратора и срыв синхронизации.

Для повышения устойчивости синхронизации в анодную цепь этого триода включен колебательный контур L_{401}, C_{429}. При запирании триода в этом контуре возникают синусоидальные колебания с частотой, равной или не-

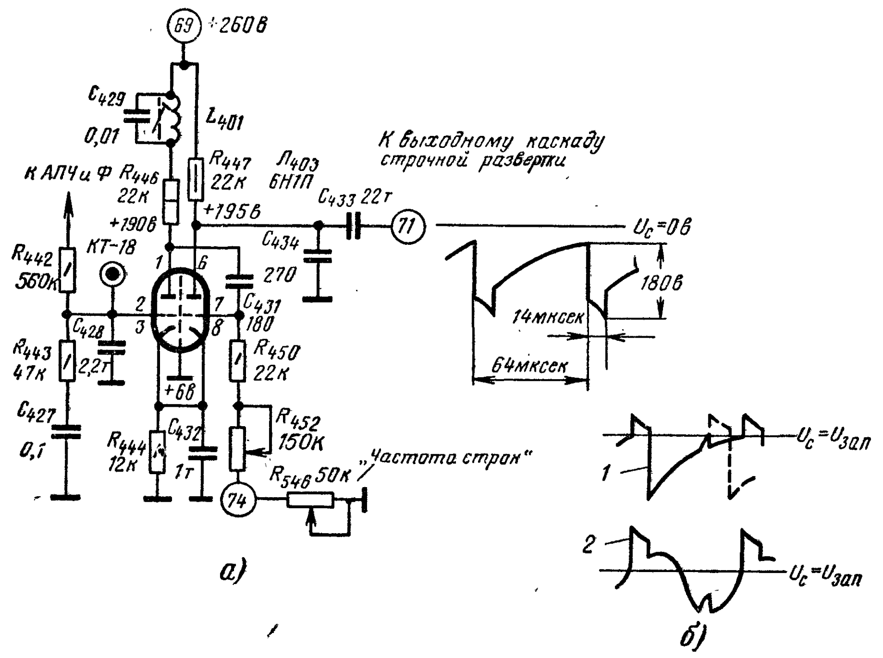


Рис. 13. Задающий генератор строчной развертки.

а — принципиальная схема мультивибратора; *б* — форма изменения напряжения на сетке правого триода.

сколько более высокой (18—19 *кгц*), чем частота задающего генератора. Если бы контура не было, то форма изменения напряжения на сетке правого триода была бы такой, как показано на рис. 13, *б*, кривая *1*. Как видите, триод легко может быть отперт помехой (пунктирная линия). При наличии контура форма напряжения на сетке этого триода изменяется (рис. 13, *б*, кривая *2*), и помеха с такой же амплитудой уже не может вызвать преждевременного отпирания триода.

Пилообразно-импульсное напряжение, полученное с помощью мультивибратора, подается на **выходной каскад строчной развертки.** Основная задача этого каскада — создать пилообразный ток в отклоняющих катушках. Тогда под действием изменяющегося магнитного поля этих катушек луч кинескопа будет совершать равномерное движение вдоль строки (прямой ход) и быстрое движение обратно (обратный ход). В принципе это легко сделать, включив отклоняющие катушки непосредственно в анодную цепь входной лампы. Тогда пилообразное изменение напряжения на управляющей сетке выходной лампы превратится в пилообразное изменение анодного тока лампы, следовательно, пилообразным будет и ток в отклоняющих катушках.

Поскольку частота строчной развертки составляет более 15 *кгц*, существенное значение приобретает межвитковая ёмкость отклоняющих катушек, следовательно, эти катушки не могут иметь большое число витков. Чтобы согласовать катушки с малым числом витков с анодной цепью лампы, необходим автотрансформатор, межвитковая ёмкость которого не только не является вредной, а, наоборот, полезна. Таким образом, выходной каскад представляет собой лампу, нагруженную на колебательный контур, образованный индуктивностью автотрансформатора и отклоняющих катушек и паразитной ём-

костью, в которую входят междуэлектродные ёмкости лампы, межвитковая ёмкость обмотки автотрансформатора, отклоняющих катушек, монтажа и пр.

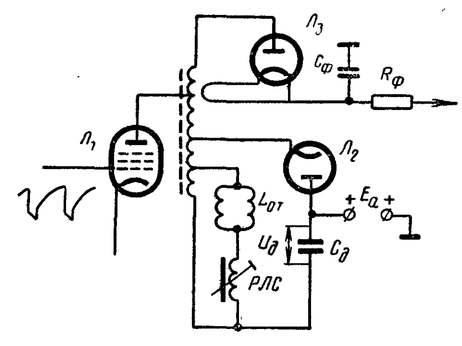


Рис. 14. Упрощенная схема выходного каскада строчной развертки с демпфирующим диодом.

Когда на выходную лампу поступает пилообразное напряжение, то в ее анодной цепи начинает нарастать ток, изменяющийся линейно. При резком изменении управляющего напряжения в конце прямого хода (см. форму пилообразно-импульсного напряжения на рис. 13) лампа запирается и ток в ее анодной цепи прекращается. Но при этом начинается процесс в анодном контуре, который искажает начало следующего прямого хода пилообразного напряжения. В результате в левой части растра появляются светлые вертикальные полосы. Необходимо подавить этот паразитный колебательный процесс. Это осуществляется специальной схемой с демпфирующим диодом (рис. 14). Работает она следующим образом. При включении телевизора диод $Л_2$ открыт, так как напряжение на его аноде положительно по отношению к катоду. В момент запирания выходной лампы $Л_1$ (конец прямого хода — см. рис. 13) и возникновения колебательного процесса распределение напряжений на обмотке автотрансформатора таково, что напряжение на катоде диода становится положительным и большим по величине, чем напряжение $+E_а$ на его аноде. Поэтому диод $Л_2$ запирается. К моменту начала нового прямого хода пилообразно-импульсного управляющего напряжения ток паразитного колебательного процесса начинает спадать, в результате чего положительное напряжение на катоде диода $Л_2$ уменьшается и диод открывается, шунтируя тем самым обмотки автотрансформатора и отклоняющие катушки. В результате паразитный колебательный процесс в этих обмотках затухает.

Ток диода заряжает конденсатор $C_д$. Напряжение на этом конденсаторе складывается с напряжением $E_а$, и на анод выходной лампы $Л_1$ поступает напряжение $U_а = E_а + U_д$. Таким образом, схема демпфирования не только прекращает вредный колебательный процесс, но и возвращает энергию этого процесса обратно в анод выходной лампы, снижая общее потребление энергии. Поэтому описанная схема выходного каскада строчной развертки носит название экономичной, или схемы с возвратом энергии по питанию.

Надо отметить, что из-за наличия активных сопротивлений в цепи выходного каскада строчной развертки — сопротивления обмоток ТВС и ОС, сопротивления выходной и демпферной ламп — скорость нарастания отклоняющего тока к концу прямого хода уменьшается, в результате чего левый край изображения оказывается растянутым по сравнению с правым. Чтобы устранить эти искажения, последовательно с отклоняющими катушками включается катушка регулятора линейности строк (РЛС), индуктивность которой зависит от направления и силы протекающего по ней тока. Так как отклоняющий ток изменяется, то изменяется и индуктивность катушки РЛС, причем так, что характер нарастания отклоняющего тока выравнивается. Конструктивно такой регулятор линейности выполнен в виде длинной катушки на тонком ферритовом стержне, а рядом расположен постоянный магнит, причем магнит может отодвигаться от катушки с сердечником или приближаться к ним. При этом изменяется влияние катушки на характер нарастания отклоняющего тока, т. е. изменение положения магнита позволяет в широких пределах регулировать линейность строк в левой части растра.

Как известно, для питания 2-го анода кинескопа требуется до 15 *кв* (для кинескопа с экраном 59 *см*). Это напряжение получают путем выпрямле-

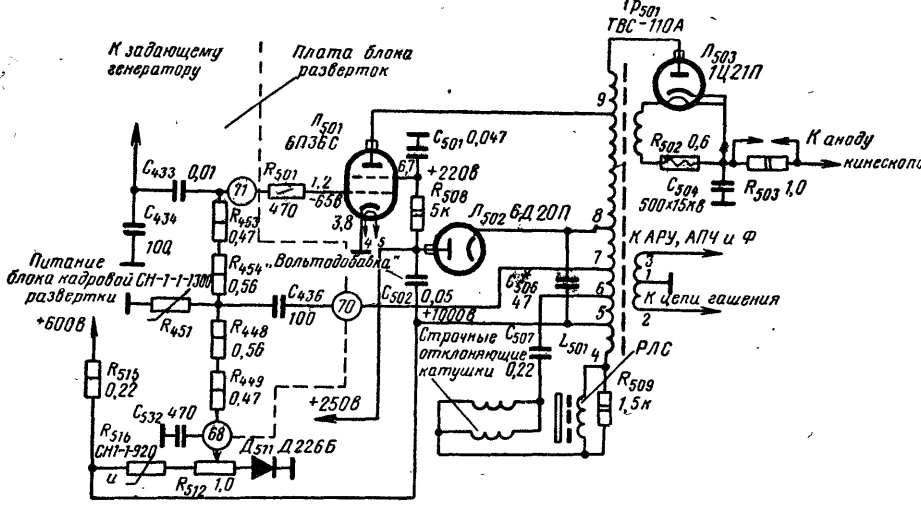


Рис. 15. Полная принципиальная схема блока строчной развертки.

ния высоковольтных положительных импульсов, возникающих в анодной цепи выходной лампы во время обратного хода, о чем мы только что говорили. Для увеличения амплитуды этих импульсов на строчном автотрансформаторе ТВС имеется повышающая обмотка, а в качестве выпрямителя используются специально разработанные высоковольтные кенотроны, потребляющие малую мощность накала, так как напряжение накала получают от того же ТВС от специального витка. Это избавляет от необходимости иметь отдельный накальный трансформатор высоковольтного выпрямителя, что было бы связано с хлопотами по очень тщательной изоляции такого трансформатора (ведь 15 *кв* — не шутка!). Поскольку частота строчной развертки высокая, то для фильтрации высоковольтного напряжения не требуются конденсаторы большой емкости — достаточно емкости в 500—1 000 *пф*. Включенный последовательно в цепь высокого напряжения резистор сопротивлением 1—2 *Мом* вместе с емкостью проводящего покрытия внутренней поверхности баллона кинескопа создает дополнительную ячейку фильтра, уменьшающую излучение помех, создаваемых генератором строчной развертки. Для защиты этого резистора от выгорания при значительном возрастании тока луча из-за кратковременных пробоев между электродами кинескопа параллельно ему включен разрядник в виде двух пластинок, между которыми проложен слой электроизоляционной пленки или слюды. При увеличении тока луча падение напряжения на резисторе возрастает до нескольких сотен вольт и разрядник пробивается, предохраняя резистор.

Полная схема выходного каскада строчной развертки телевизора УНТ-47/50 приведена на рис. 15. Очень приятной особенностью этой схемы является стабилизация ее динамического режима, т. е. автоматического поддержания неизменными в процессе работы высокого напряжения и размера изображения, которые практически не зависят от колебаний напряжения сети, старения ламп и т. п. Это не только исключает необходимость в ручке «Размер строк», но и повышает срок службы ламп выходного каскада, так как предотвращает перегрузки. Работает схема стабилизации благодаря автоматическому изменению напряжения смещения выходной лампы в зависимости от величины импульсов строчной развертки. Положительный импульс, снимаемый с вывода *7* автотрансформатора, через конденсатор C_{436} подается на варистор R_{451}, который изменяет свое сопротивление в зависимости от амплитуды импульса, в связи с чем меняется и ток, протекающий по цепи варистора

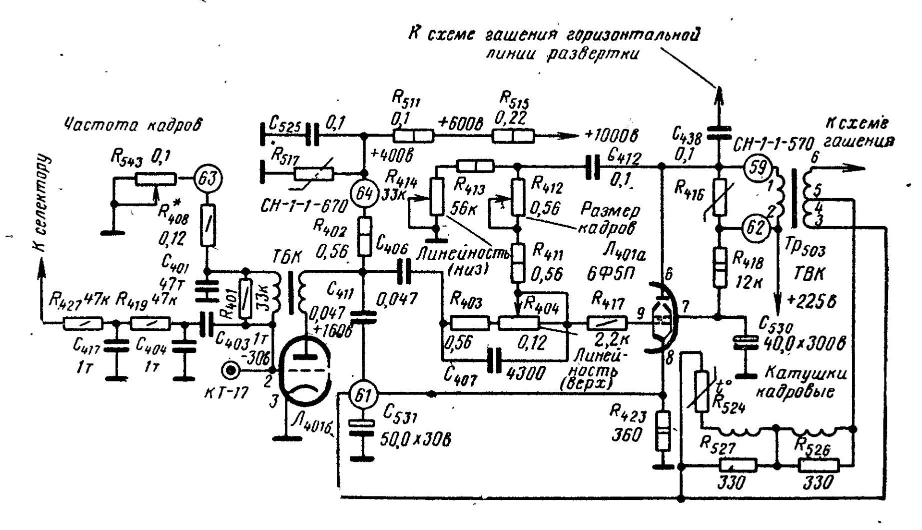


Рис. 16. Принципиальная схема блока кадровой развертки.

и конденсатора. Чем больше импульс напряжения, тем меньше сопротивление варистора и больше ток, заряжающий конденсатор C_{436}, и напряжение на конденсаторе. Это отрицательное напряжение приложено к управляющей сетке выходной лампы и уменьшает ее ток, тем самым автоматически поддерживая размер строки постоянным. Размер устанавливают путем компенсации части отрицательного напряжения, снимая напряжение компенсации с делителя, образованного резисторами R_{512} и R_{516}.

Для устранения нелинейных искажений последовательно с отклоняющими катушками включают конденсатор C_{507}, образующий вместе с индуктивностью этих катушек резонансный контур. В контуре возникают синусоидальные колебания, которые накладываются на пилообразный ток, создаваемый в катушках импульсным напряжением, поступающим с ТВС. В результате суммарный отклоняющий ток во время прямого хода имеет S-образную форму. Такая форма отклоняющего тока необходима потому, что отклонение луча в кинескопах с углом отклонения 110° непропорционально отклоняющему току. При линейном нарастании отклоняющего тока в этих кинескопах изображение сжимается в центре и растягивается по краям. Подбором емкости конденсатора C_{507} можно компенсировать эти искажения.

Схема **блока кадровой развертки**, показанная на рис. 16, значительно проще схемы строчной развертки, так как небольшая кадровая частота (50 *гц*) не требует введения демпфирования, особых забот об экономичности каскада и т. п. Задающим генератором в этом блоке является блокинг-генератор на лампе $Л_{401б}$, а выходной каскад работает на лампе $Л_{401а}$, причем обе лампы совмещены в одной типа 6Ф5П. Стабилизация режима осуществляется при помощи варистора R_{517} и терморезистора R_{524}. Варистор включен в одно из плеч делителя в анодной цепи лампы задающего генератора, питание которого производится от напряжения «вольтодобавки». Нелинейная зависимость между напряжением, приложенным к варистору, и величиной протекающего через него тока приводит к тому, что при увеличении напряжения на выходе «вольтодобавки» ток через варистор резко возрастает, а при уменьшении падает. При этом соответственно изменяется ток, протекающий через другое плечо делителя, из-за чего напряжение, подводимое к зарядному резистору R_{402}, практически остается неизменным.

Последовательно с отклоняющими кадровыми катушками включен терморезистор R_{524} (он вмонтирован в отклоняющую систему между кадровыми

отклоняющими катушками и ферритовым кольцом). При прогреве сопротивление терморезистора уменьшается настолько, насколько возрастает сопротивление кадровых отклоняющих катушек.

Варистор R_{416} защищает анодные обмотки выходного кадрового трансформатора (ТВК) от пробоя импульсным напряжением, возникающим в начале обратного хода кадровой развертки.

Схемы гашения луча. В настоящее время телевизионные центры передают изображение форматом 4 : 3. Однако кинескопы с углом отклонения 110° имеют формат экрана 5 : 4, что объясняется технологическими особенностями их изготовления. Таким образом теряется небольшая часть изображения по краям растра — край изображения остается за пределами растра кинескопа. Но теряется такая малая часть изображения, да к тому же столь несущественная, что на это можно не обращать внимания. И все же этот недостаток кинескопов заставляет несколько усложнить схему телевизора — создавать в нем специальные гасящие импульсы. Дело в том, что по существующему стандарту продолжительность строчного гасящего импульса составляет 18% времени развертки строки, а длительность обратного хода равна 14%. Однако при увеличении длительности обратного хода до 22%, что сделано в телевизорах с кинескопами с отклонением 110°, линия обратного хода и некоторая часть изображений начинают разворачиваться на обратном ходу. Так как в это время уже передаются сигналы изображения, то они промодулируют электронный луч еще до того, как закончится его переброска справа налево. Изображение, «прочтенное» в обратном направлении развертки, будет создавать впечатление заворота изображения в левой части экрана. Скорость луча при обратном ходе значительно больше, чем при прямом, поэтому эта часть изображения будет выглядеть, как светлая прозрачная дымка на основном изображении. Конечно, можно было бы не увеличивать длительности обратного хода, оставив ее такой же, как на телевизионном центре, то есть 14%. Но так как в кинескопе с форматом 5 : 4 все равно теряется 6% ширины передаваемого изображения, то увеличение времени обратного хода до 22% позволяет значительно упростить конструкцию ТВС, снизить на 30% мощность, потребляемую строчной разверткой, и рассеиваемую мощность на аноде выходной лампы.

Чтобы устранить описанное выше заворачивание края изображения, надо запереть кинескоп на время обратного хода луча. Для этого необходим гасящий импульс амплитудой примерно 200 *в*. Он должен располагаться симметрично относительно строчного импульса, посылаемого телецентром (импульс телецентра рассчитан на длительность обратного хода 14%, поэтому он «узковат»). Отрицательный гасящий импульс снимается с выводов *1*, *2* строчного автотрансформатора. Как вы понимаете, нужен не только строчный гасящий импульс, но и кадровый, который снимается с дополнительной обмотки кадрового выходного трансформатора (рис. 17). Чтобы устранить искажения, создаваемые колебательными процессами и пилообразной формой импульсов, снимаемых с ТВК и ТВС, гасящие импульсы подвергаются ограничениям при помощи диодов лампы $Л_{404}$.

Большой кинескоп является наиболее дорогой частью телевизора, поэтому в телевизоре УНТ-47/59 приняты специальные меры к его сохранности, в частности введена специальная схема ограничения тока луча, так как при обрыве цепочки, по которой поступает постоянное напряжение с анода лампы видеоусилителя на катод кинескопа, модулятор приобретает положительный потенциал по отношению к катоду. При этом ток через кинескоп возрастает и происходит ускоренный износ люминофора экрана. Поэтому в телевизоре и введена специальная цепочка ограничения тока луча в таких аварийных случаях. Она образована (рис. 11) параллельным соединением диода $Д_{306}$ и конденсатора C_{353} в анодной цепи лампы видеоусилителя и резисторов R_{345} и R_{351} в катоде кинескопа. Наличие диода приводит к тому, что ток луча кинескопа проходит лишь через резисторы R_{345} и R_{351}. Если ток луча превосходит 300 *мка* (для кинескопа с диагональю 47 *см* — 200 *мка*; в этом случае резистор R_{351} имеет сопротивление 750 *ком*), то дальнейший его рост замедляется, так как падение напряжения на этих резисторах действует как отрицательное смещение

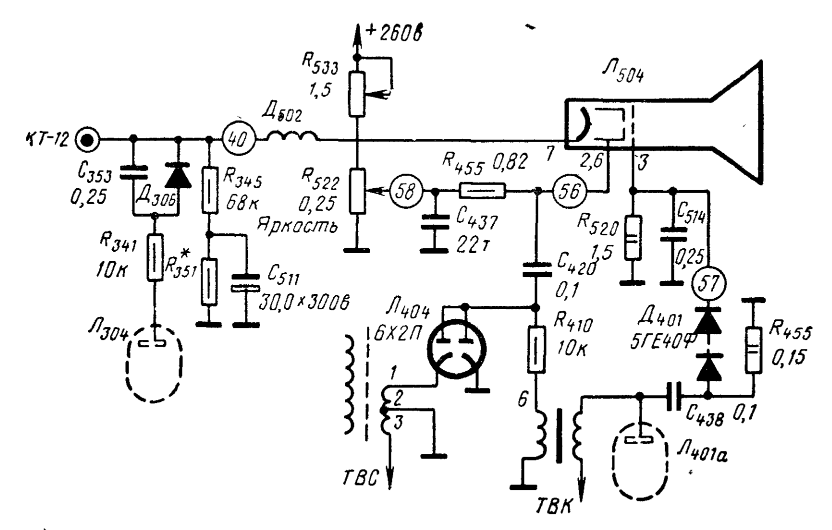


Рис. 17. Схема гашения луча кинескопа.

Другой мерой по сохранению кинескопа является гашение яркого пятна и точки после выключения телевизора, которое образуется в результате того, что внутреннее покрытие колбы кинескопа (2-й анод) имеет значительную емкость и долго сохраняет высокий потенциал после выключения телевизора. Постепенно остывающий катод так же долго испускает электроны, которые притягиваются 2-м анодом и попадают на экран, концентрируясь на нем в виде очень яркой точки (так как развертка отсутствует), разрушая люминофор. Чтобы избавиться от этого явления, в телевизоре УНТ-47/59 одновременно с выключением на катод кинескопа через цепочку, о которой уже шла речь (R_{345}, R_{351} и диод $Д_{306}$), подают большое отрицательное напряжение, которое запирает кинескоп до тех пор, пока катод не остынет и не перестанет излучать электроны. Работает эта цепочка следующим образом. Когда телевизор включен, происходит заряд конденсатора C_{511} через диод $Д_{306}$ После выключения телевизора и исчезновения напряжения на модуляторе кинескопа его катод оказывается под напряжением конденсатора C_{511}, которое положительно относительно модулятора, и поэтому кинескоп оказывается запертым. Диод $Д_{306}$ не дает конденсатору C_{511} быстро разрядиться через еще не остывшую лампу $Л_{304}$, и конденсатору приходится разряжаться через цепочку резисторов R_{345}, R_{351}, сопротивление которой весьма велико. Поэтому кинескоп остается запертым долго и его катод успевает остыть.

Блок синхронизации. Это один из наиболее ответственных блоков телевизора, от правильной работы которого во многом зависит качество изображения. Схема блока синхронизации показана на рис. 18. Блок состоит из селектора на пентоде лампы $Л_{402}$, служащего для отделения синхроимпульсов от сигналов изображения; схемы автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки, в которую входит усилитель-фазоинвертор на триоде лампы $Л_{402}$ и фазовый дискриминатор на диодах $Д_{402}$ и $Д_{403}$ с фильтром нижних частот на выходе (R_{442}, R_{443}, C_{427}, C_{428}). В схему синхронизации входит также двухзвенная интегрирующая цепочка формирования кадрового синхронизирующего импульса ($R_{427}C_{417}$ и $R_{419}C_{404}$). Так как раньше вы не встречались с подобными блоками, то рассмотрим подробно назначение и работу отдельных элементов этого блока.

Для отделения синхроимпульсов от видеосигнала и гасящих импульсов используют их отличие по амплитуде — синхроимпульсы по амплитуде превосходят все остальные сигналы. Лампу селектора ставят в такой режим,

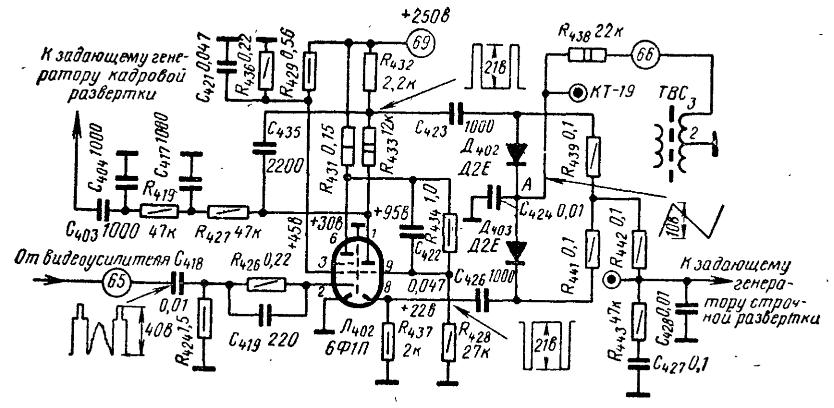


Рис. 18. Принципиальная схема блока синхронизации.

при котором она заперта для видеосигнала и гасящих импульсов (последние по амплитуде несколько больше сигналов от темных мест изображения, т. е. они имеют уровень «чернее черного») и открыта для импульсов синхронизации. Смещение на сетке, запирающее лампу, создается за счет сеточных токов на резисторе R_{424}.

Выделенные синхроимпульсы поступают на сетку триодной части лампы $Л_{402}$, которая выполняет роль усилителя синхроимпульсов.

Для отделения строчных синхроимпульсов от кадровых используют их различие в длительности: длительность строчного синхроимпульса всего 5 *мксек*, в то время как длительность кадрового 192 *мксек*. Для выделения кадровых синхроимпульсов из анодной цепи усилителя служит интегрирующая цепочка R_{427}, C_{417}, R_{419}, C_{404}. Параметры этой цепочки (сопротивления резисторов и емкости конденсаторов) выбраны так, что только кадровый импульс способен зарядить конденсаторы. Синхронизирующие импульсы малой продолжительности не способны создать в этой цепочке заметного напряжения, так как конденсаторы не успевают заметно зарядиться. Точно так же интегрирующая цепочка мало чувствительна к импульсным помехам, так как обычно они кратковременны. Поэтому синхронизация по кадрам достаточно помехоустойчива. Однако этого нельзя сказать о строчной синхронизации, ибо строчные синхроимпульсы по длительности весьма похожи на импульсные помехи. Поэтому необходимо защитить задающий генератор строчной развертки от ложных «синхроимпульсов». В телевизоре УНТ-47/59 для этого применена так называемая схема инерционной синхронизации. Суть ее работы заключается в том, что синхронизируется не каждая в отдельности строка, а работа задающего генератора за некоторый средний промежуток времени. Благодаря этому одиночная помеха не в состоянии вывести задающий генератор из синхронизма, так как управляющее им напряжение предварительно проходит через сглаживающий фильтр, инерционность которого больше времени действия одиночной помехи.

В схему инерционной синхронизации входит различитель, фильтр нижних частот и регулируемый по постоянному току задающий генератор строчной развертки — уже знакомый нам мультивибратор. На различитель поступают импульсы синхронизации и пилообразное напряжение строчной частоты, которое формируется цепочкой R_{438}, C_{424} из импульсов обратного хода строчной развертки. В результате сложения импульсов на выходе различителя возникает управляющее напряжение, которое затем через фильтр R_{442}, R_{443}, C_{427}, C_{428} подается на задающий генератор строчной развертки. В зависимости от знака управляющего напряжения частота генератора будет повышаться или понижаться до совпадения с частотой следования синхроимпуль-

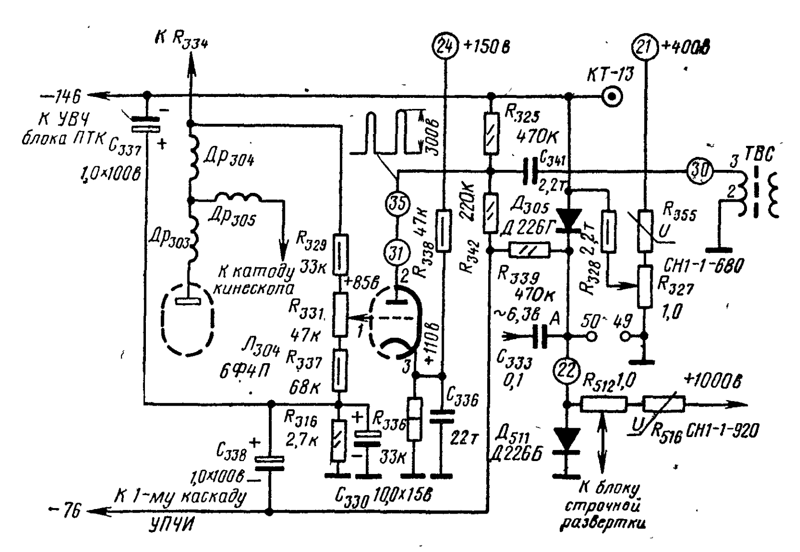


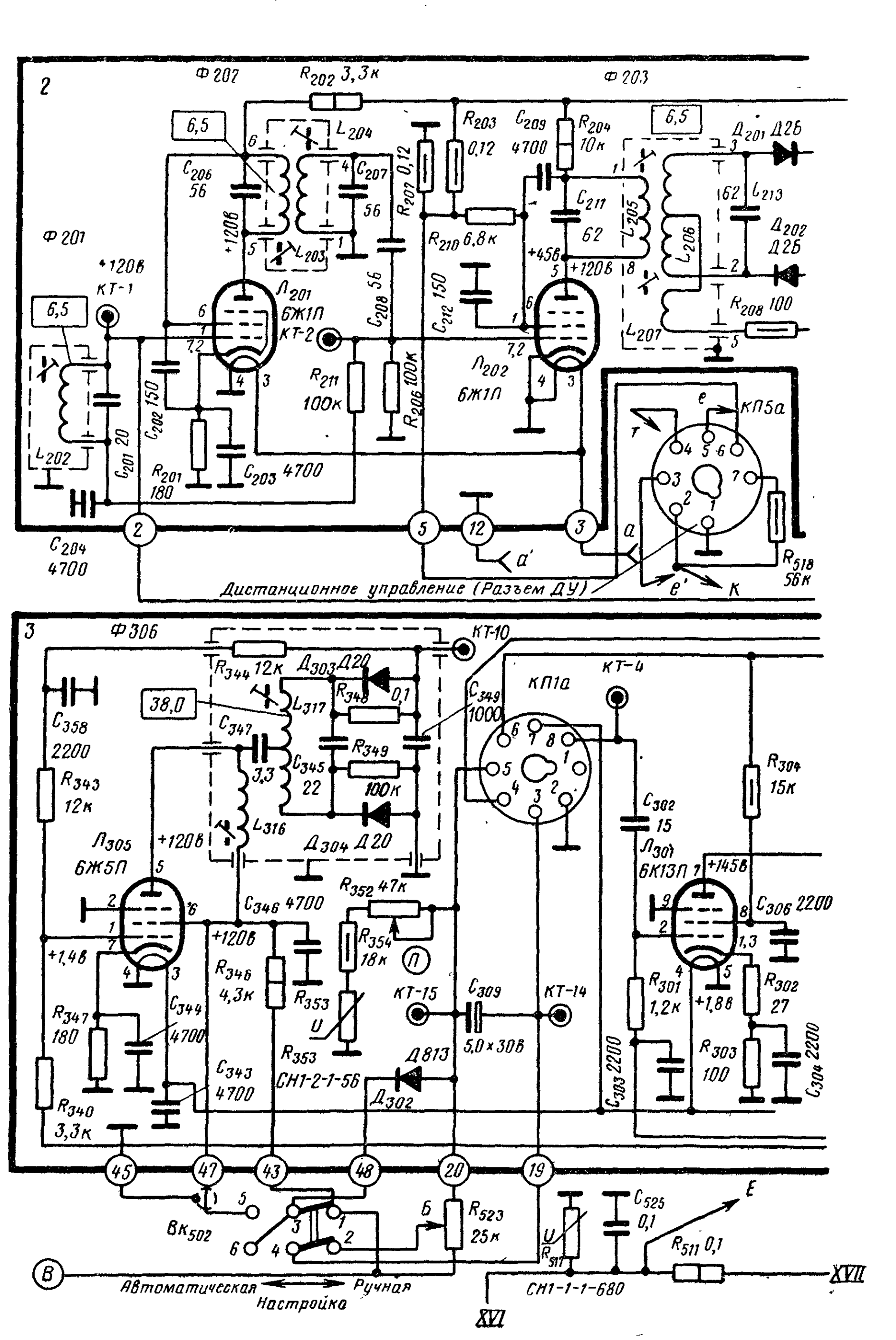
Рис. 19. Принципиальная схема ключевой АРУ.

сов. Фильтр необходим для того, чтобы исключить воздействие помех на задающий генератор, а также предотвратить непосредственное воздействие на генератор строчных синхроимпульсов и импульсов обратного хода строчной развертки.

В качестве различителя в телевизоре УНТ-47/59 используется фазовый детектор (уже третий вид детектора, встречаемый нами!). Синхроимпульсы, поступающие на сетку триодной части лампы $Л_{402}$, снимаются в противоположной полярности по отношению друг к другу с анода и катода этой лампы и через конденсаторы C_{423} и C_{426} поступают на диоды $Д_{402}$ и $Д_{403}$ фазового детектора. Нагрузка фазового детектора — резисторы R_{439} и R_{441}. Фильтр образован резисторами R_{442}, R_{443} и конденсаторами C_{427} и C_{428}.

Фазовый детектор работает следующим образом. К детектору подводятся два сравниваемых напряжения: пилообразное напряжение сравнения с ТВС и синхроимпульсы. Напряжение сравнения подводится к точке A (рис. 18), а синхроимпульсы (противоположной полярности) отпирают диоды детектора. Если в момент поступления синхроимпульсов напряжение сравнения проходит через нуль, то конденсаторы C_{423} и C_{426} зарядятся до одинаковой величины, так как амплитуды синхроимпульсов одинаковы. По окончании синхроимпульсов эти конденсаторы разрядятся через равные по величине сопротивления резисторов R_{439} и R_{441} и, следовательно, суммарный заряд на конденсаторе C_{428} фильтра будет равен нулю. При этом на задающий генератор строчной развертки не поступит управляющее напряжение.

Теперь предположим, что фазы появления синхроимпульсов и нулевого значения пилообразного напряжения сравнения разошлись и в момент появления синхроимпульсов пилообразное напряжение в точке A составляет некоторую положительную величину. В этом случае к диоду $Д_{402}$ будет приложено суммарное напряжение, открывающее диод, но меньшее, чем к диоду $Д_{403}$. Это означает, что через диод $Д_{403}$ потечет больший ток и, следовательно, конденсатор C_{426} зарядится до большего потенциала. Поэтому при разрядке конденсаторов C_{423} и C_{426} конденсатор фильтра C_{428} получит заряд, равный разности зарядов на конденсаторах. В данном случае этот заряд положительный, т. е. на задающий генератор строчной развертки поступит положительное управляющее напряжение, и его частота соответственно изменится. Когда же в точке A пилообразное напряжение сравнения в момент появления синхро-


2
Ф 202
R202 3,3к
Ф 203
6,5
L204
R203 0,12
C209 4700
R204 10к
Д201 Д2Б
C206 56
C207 56
R207 0,12
C211 62
L205
L213
L203
R210 6,8к
Д202 Д2Б
L206
Ф 201
+120в
КТ-1
Л201 6Ж1П
КТ-2
C208 56
C212 150
+45в
+120в
R208 100
L207
Л202 6Ж1П
R211 100к
R206 100к
КП5а
C202 150
L202
C201 20
R201 180
C203 4700
C204 4700
R518 56к
Дистанционное управление (Разъем ДУ)
3
Ф 306
КТ-10
R344 12к
Д303 Д20
38,0
L317
R348 0,1
C349 1000
КП1а
КТ-4
C358 2200
C347 3,3
C345 22
R349 100к
R343 12к
L316
R304 15к
C302 15
Л305 6Ж5П
+120в
Д304 Д20
Л301 6К13П
+145в
R352 47к
C346 4700
C306 2200
+120в
R354 18к
+1,4в
R346 4,3к
R353
КТ-15
C309
КТ-14
R301 1,2к
+1,8в
R302 27
R347 180
C344 4700
5,0×30в
R303 100
C343 4700
R353 СН1-2-1-56
Д813
Д302
C303 2200
C304 2200
R340 3,3к
Вк502
R523 25к
C525 0,1
R511 0,1
R517
Автоматическая
Ручная
Настройка
СН1-1-1-680
XVI
XVII

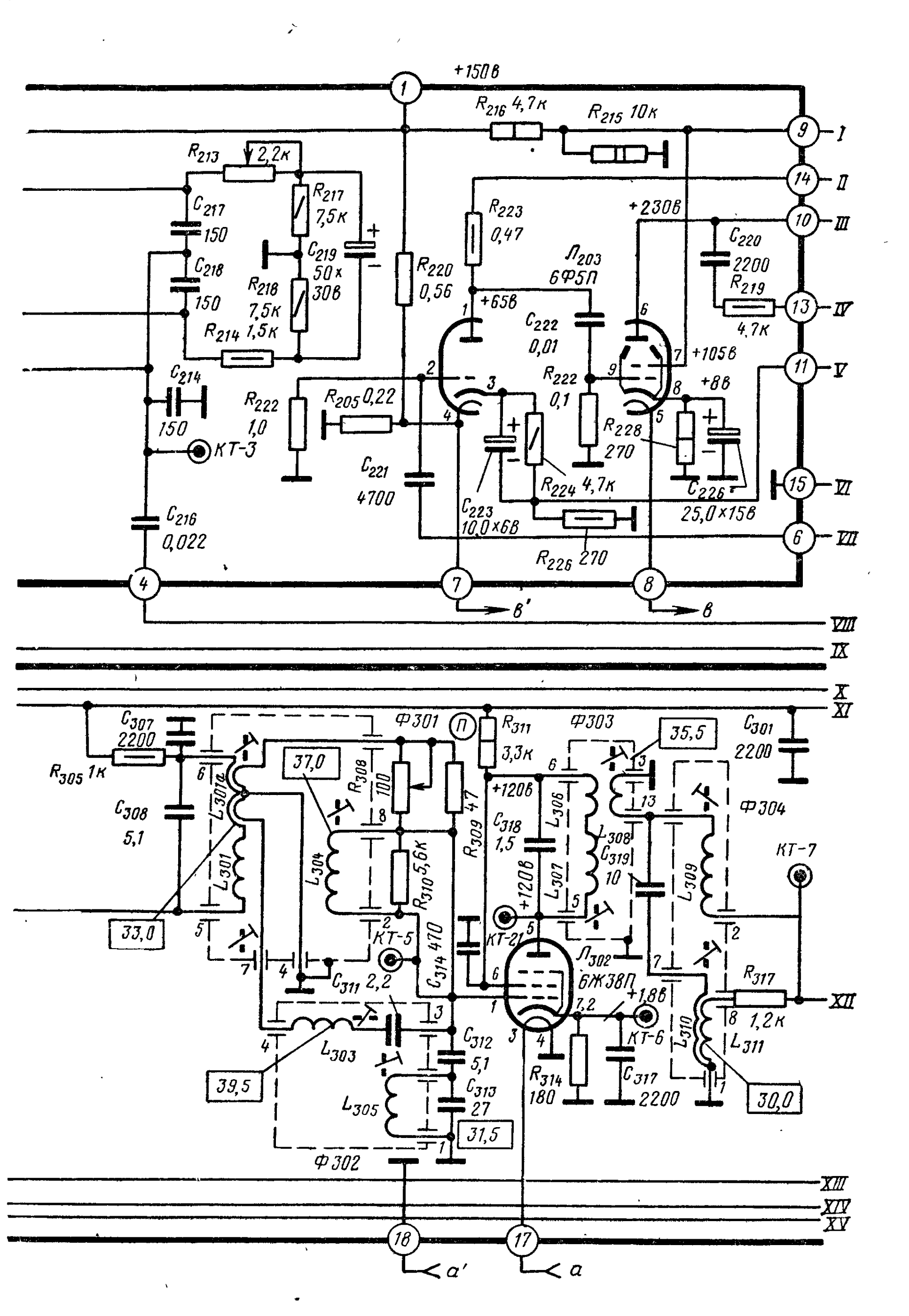
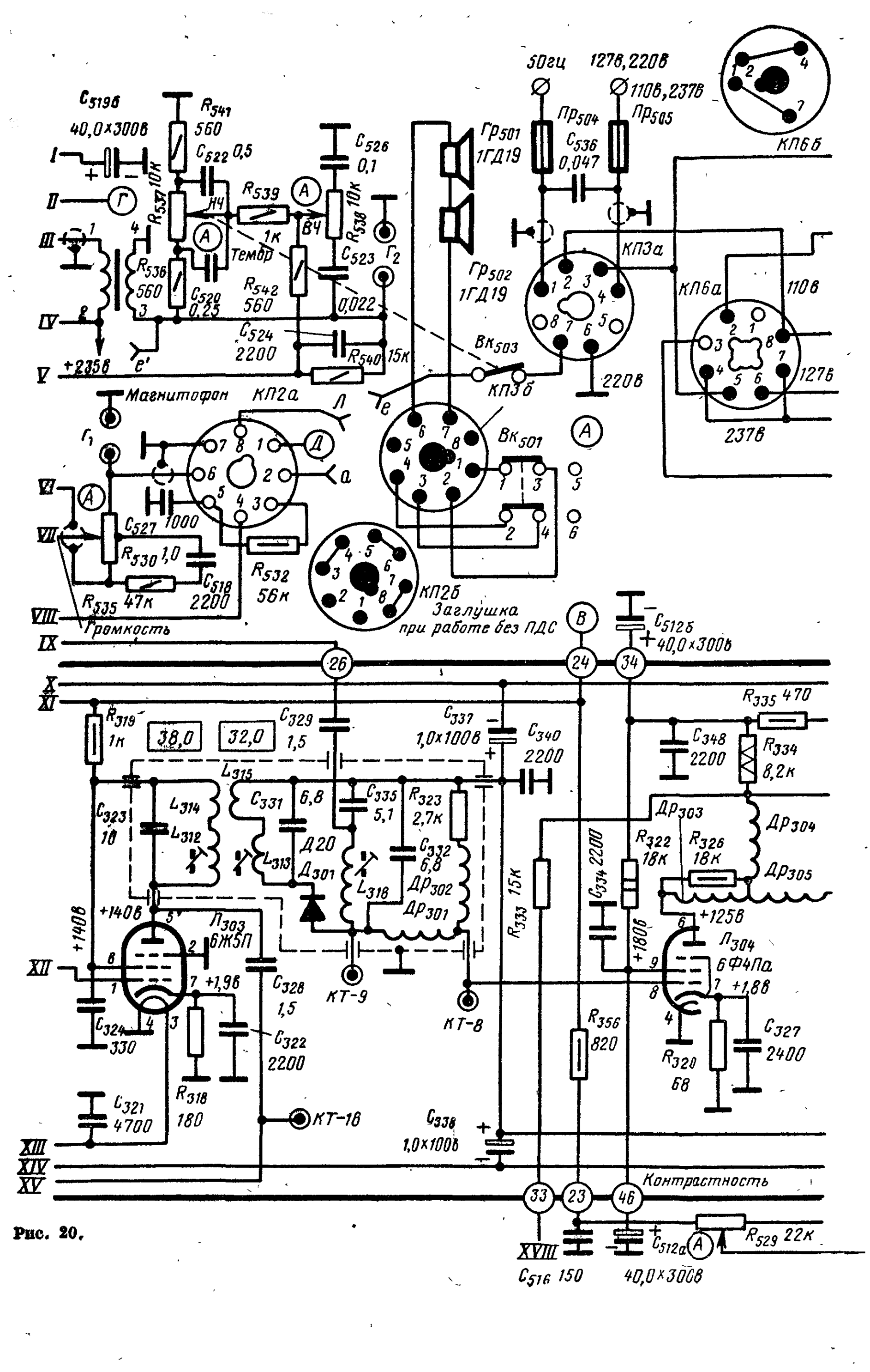
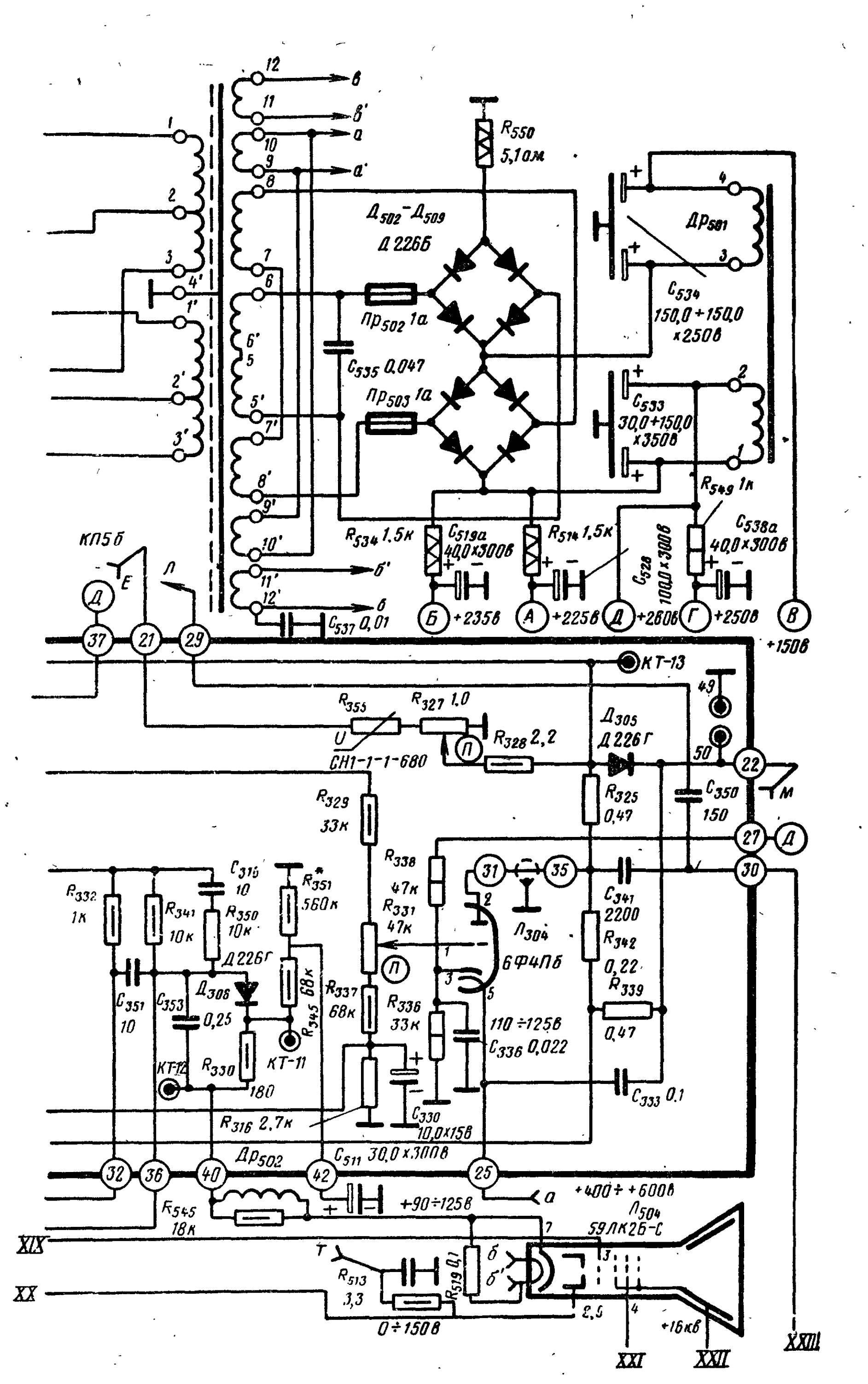


Рис. 20. Полная принципиальная схема телевизора из унифицированных блоков УНТ-47/59. (КП1а— разъем подключения блока ПТК). При работе без блока ДУ выводы 3 и 5 на разъеме ДУ (КП5А) замкнуть заглушкой.
На схеме пропущен конденсатор C_{504} высоковольтного фильтра (см. рис. 15).

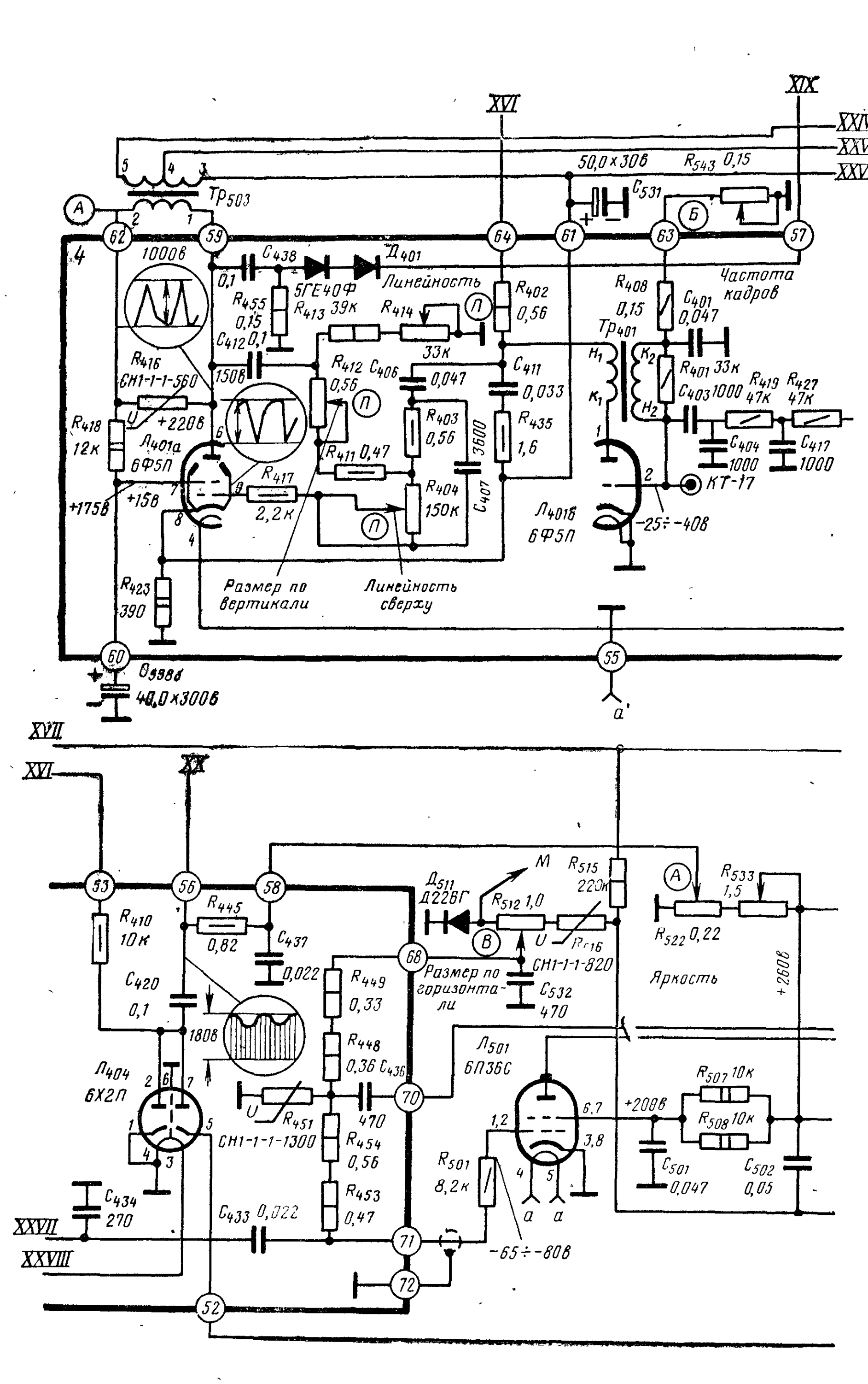


С519б 40,0×300в
R541 560
С522 0,5
С526 0,1
Гр501 1ГД19
50гц
127в, 220в
110в, 237в
Пр504
Пр505
С536 0,047
КП6б
R539 1к
R537 10к
R538 10к
НЧ
ВЧ
Темоб
Г2
С523 0,022
R536 560
С520 0,25
R542 560
Гр502 1ГД19
КП3а
КП6а
110в
127в
237в
220в
+235в
С524 2200
R540 15к
Вк503
КП3б
Магнитофон
КП2а
Г1
Д
а
Л
е
е'
Вк501
С527 1000
R530 1,0
С518 2200
R535 47к
R532 56к
КП2б
Заглушка при работе без ПДС
Громкость
С512б 40,0×300в
R335 470
R319 1к
38,0
32,0
С329 1,5
С337 1,0×100в
С340 2200
С348 2200
R334 8,2к
L315
L314
L312
С323 10
С331 6,8
Д20
L313
Д301
С335 5,1
R323 2,7к
С332 6,8
Др302
Др301
L318
Др303
Др304
R322 18к
R326 18к
Др305
R333 15к
С334 2200
+140в
+125в
+180в
Л303 6Ж5П
Л304 6Ф4Па
+1,9в
+1,8в
С328 1,5
КТ-9
КТ-8
С324 330
С322 2200
R356 820
С327 2400
R320 68
С321 4700
R318 180
КТ-16
С338 1,0×100в
Контрастность
С516 150
С512а 40,0×300в
R529 22к

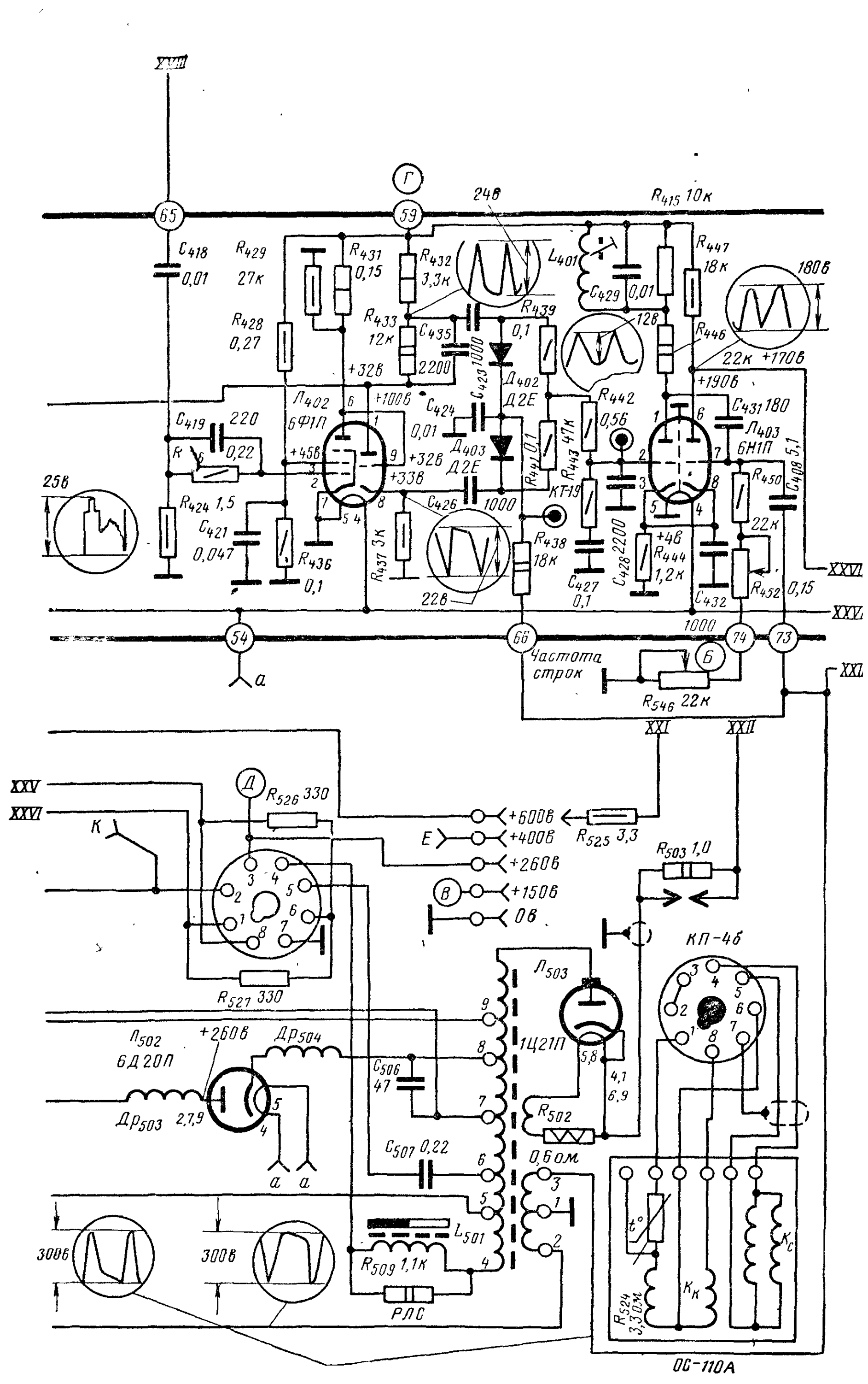
Рис. 20.



R550 5,1ом
Д502-Д509
Д226Б
Др501
С534 150,0+150,0 x250в
Пр502 1а
С535 0,047
Пр503 1а
С533 30,0+150,0 x350в
R549 1к
С538а 40,0x300в
R534 1,5к
С519а 40,0x300в
R514 1,5к
С528 100,0x300в
КП5б
С537 0,01
+235в
+225в
+260в
+250в
+150в
КТ-13
R355
R327 1,0
R328 2,2
СН1-1-1-680
Д305 Д226Г
R325 0,47
С350 150
R329 33к
R338 47к
R331 47к
Л304
6Ф4П6
С341 2200
R342 0,22
R339 0,47
110÷125в
С336 0,022
С333 0,1
R332 1к
R341 10к
С316 10
R350 10к
R351* 560к
Д226Г
Д306
С351 10
С353 0,25
R345 68к
КТ-11
КТ-12
R330 180
R337 68к
R336 33к
С330 10,0x15в
R316 2,7к
Др502
С511 30,0x300в
+90÷125в
+400÷+600в
Л504 59ЛК2Б-С
R545 18к
R513 3,3
R519 0,1
0÷150в
+16кв
XIX
XX
XXI
XXII
XXIII



XVI
XIX
50,0×30в
R_{543} 0,15
C_{531}
Tp_{503}
Частота кадров
Линейность
$Д_{401}$
5ГЕ40Ф
C_{438}
R_{455} 0,15
R_{413} 39к
R_{414}
33к
R_{402} 0,56
R_{408} 0,15
C_{401} 0,047
Tp_{401}
R_{401} 33к
C_{403} 1000
R_{419} 47к
R_{427} 47к
C_{404} 1000
C_{417} 1000
КТ-17
R_{416} СН1-1-1-560
R_{418} 12к
$Л_{401а}$ 6Ф5П
+220в
+175в
+15в
1000в
150в
C_{412} 0,1
R_{412} 0,56
C_{406} 0,047
R_{403} 0,56
R_{411} 0,47
R_{417} 2,2к
R_{404} 150к
C_{407} 3600
C_{411} 0,033
R_{435} 1,6
$Л_{401б}$ 6Ф5П
−25÷−40в
R_{423} 390
Размер по вертикали
Линейность сверху
40,0×300в
XVII
XVI
XX
R_{410} 10к
R_{445} 0,82
C_{437} 0,022
C_{420} 0,1
180в
$Л_{404}$ 6Х2П
R_{449} 0,33
R_{448} 0,36
C_{436} 470
R_{451} СН1-1-1-1300
R_{454} 0,56
R_{453} 0,47
C_{434} 270
C_{433} 0,022
XXVII
XXVIII
$Д_{511}$ Д226Г
R_{512} 1,0
R_{515} 220к
R_{516} СН1-1-1-820
Размер по горизонтали
C_{532} 470
R_{522} 0,22
R_{533} 1,5
Яркость
+260в
$Л_{501}$ 6П36С
+200в
R_{507} 10к
R_{508} 10к
C_{501} 0,047
C_{502} 0,05
R_{501} 8,2к
−65÷−80в



XVIII
65
59
Г
24в
R415 10к
C418 0,01
R429 27к
R431 0,15
R432 3,3к
L401
C429 0,01
R447 18к
180в
R428 0,27
R433 12к
C435 2200
C423 1000
R439 0,1
12в
R446 22к
+170в
+32в
Д402 Д2Е
+19Ов
Л402 6Ф1П
+100в
C424 0,01
R442 0,56
C431 180
Л403 6Н1П
C419 220
0,22
Д403 Д2Е
R441 0,1
R443 47к
C408 5,1
+45в
+32в
+33в
КТ-19
R450 22к
25в
R424 1,5
C426 1000
C421 0,047
R437 3к
R438 18к
C428 2200
+4в
R444 1,2к
R436 0,1
22в
C427 0,1
C432 1000
R452 0,15
XXVI
XXV
54
66
74
73
а
Частота строк
Б
R546 22к
XXI
XXII
XXV
XXVI
Д
R526 330
К
+600в
R525 3,3
Е
+400в
+260в
R503 1,0
В
+150в
0в
КП-4б
R527 330
Л503
1Ц21П
Л502 6Д20П
+260в
Др504
C506 47
Др503
2,7,9
5,8
4,1 6,9
R502
C507 0,22
0,6 ом
L501
R509 1,1к
РЛС
300в
300в
t°
R524 3,3 ом
Кк
Кс
ОС-110А

низирующих импульсов будет иметь отрицательное значение, все произойдет наоборот, и на выходе детектора будет отрицательное управляющее напряжение. Таким образом, напряжение на выходе детектора как бы «следит» за частотой задающего генератора строчной развертки и заставляет его работать синхронно с частотой появления строчных синхроимпульсов, причем импульсы помех не могут выбить генератор из синхронизма, так как благодаря фильтру их случайное появление не сказывается на режиме генератора.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ). Необходимость введения АРУ объясняется тем, что сигнал, поступающий из антенны на вход телевизора, не постоянен по величине — вы встречались с этим и в обычном радиовещательном приемнике. Однако надо иметь в виду, что в телевидении напряжение на управляющих сетках ламп регулируемых каскадов должно быть пропорционально уровню вершин синхроимпульсов, а не несущей высокочастотных сигналов, ибо в противном случае усиление каскадов будет меняться в зависимости от освещенности передаваемой сцены. Кроме того, очень важно защитить схему АРУ от импульсных помех. Поэтому в телевизорах применяется специальная схема ключевой АРУ. Схема (рис. 19) представляет собой запертый усилитель на триодной части лампы $Л_{304}$. На управляющую сетку лампы поступает телевизионный сигнал. Усилитель находится в таком режиме, что лампа открывается только в том случае, если синхронизирующие импульсы, имеющиеся в полном телевизионном сигнале, совпадают с ключевыми импульсами строчной развертки, которые снимаются с ТВС и поступают на анод лампы АРУ. Следовательно, помехи, появление которых не совпадает с ключевыми импульсами, не могут пройти в схему АРУ.

В момент совпадения синхроимпульсов с ключевыми лампа открывается. При этом среднее значение анодного тока пропорционально амплитуде синхроимпульсов принимаемого телевизионного сигнала. Этот ток, проходя через резисторы R_{342}, R_{339} и диод $Д_{511}$, создает на этих резисторах отрицательное управляющее напряжение АРУ, которое через фильтр R_{339}, C_{338} подается на управляющую сетку первого каскада УПЧИ (рис. 7). Чтобы при приеме слабых телевизионных сигналов телевизор обладал максимальным усилением, применена задержка управляющего напряжения АРУ, подаваемого на блок ПТК. Для этого в цепь напряжения АРУ, подаваемого на управляющую сетку лампы УВЧ блока ПТК, включен диод $Д_{305}$. На его анод подано положительное напряжение, снимаемое с делителя $R_{355}R_{327}$, причем, регулируя потенциометр R_{327}, можно менять напряжение задержки. Задержка напряжения АРУ происходит в результате того, что при приеме слабых телевизионных сигналов напряжение АРУ мало и не превышает положительного напряжения на аноде диода $Д_{305}$. Поэтому диод открыт и шунтирует цепи, подающие напряжение АРУ на блок ПТК. При сильных сигналах диод закрывается и напряжение АРУ уменьшает усиление УВЧ блока ПТК.

Конденсаторы C_{337} и C_{338} являются фильтрами напряжения АРУ и одновременно увеличивают инерционность действия схемы, что еще больше повышает помехоустойчивость. В момент, когда диод $Д_{305}$ открыт, эти конденсаторы оказываются под обратным напряжением порядка 1 *в*, что опасно для электролитических конденсаторов. Поэтому эти конденсаторы подсоединены не к шасси, а к резистору R_{316}, на котором относительно шасси имеется положительное напряжение порядка 1,6 *в*. Таким образом, обратное напряжение на конденсаторах снижается.

Этот же резистор включен в цепь делителя (R_{329}, R_{331}, R_{337}, R_{316}), с которого видеосигнал поступает на сетку лампы $Л_{304}$. Регулируя потенциометр R_{331} (изменяя потенциал сетки относительно катода), можно в некоторых пределах менять усиление лампы $Л_{304}$, а следовательно, и эффективность действия АРУ. Поскольку связь лампы АРУ с анодом лампы видеоусилителя непосредственная, то для компенсации положительного напряжения на сетке лампы $Л_{304}$ ее катод через делитель R_{338}, R_{336} соединен с источником анодного питания.

Наличие в телевизоре ключевой АРУ приводит к тому, что до начала работы генератора строчной развертки лампы приемного тракта очень перегружаются и возможен выход из строя видеодетектора; кроме того, появляются

неприятные искажения звука. Происходит это каждый раз при включении телевизора, так как демпферная лампа прогревается значительно дольше других ламп, а пока она не прогреется, строчные ключевые импульсы не поступают на схему АРУ и чувствительность телевизора не регулируется. Чтобы избежать этих неприятностей, на время прогрева демпферной лампы каскады УПЧ и блок ПТК запираются отрицательным напряжением выпрямителя, работающего по схеме удвоения на диодах $Д_{305}$ и $Д_{511}$. Для этого напряжение накала через конденсатор C_{333} подается в точку $А$ (рис. 19). Когда лампа демпфера не прогрета, в этой точке отсутствует напряжение +1 000 *в*, схема удвоения работает и на блок ПТК с конденсатора C_{337} подается —14 *в*, а на первый каскад УПЧИ с конденсатора C_{338} поступает —7 *в*. Как только в точке $А$ появляется напряжение вольтодобавки, диод $Д_{511}$ отпирается и тем самым заземляет точку $А$, прекращая работу схемы выпрямителя отрицательного напряжения. При этом блок ПТК и каскад УПЧИ отпираются и начинается нормальная работа телевизора.

Из сказанного надо сделать вывод, что если необходима работа приемной схемы телевизора при выключенной строчной развертке (например, во время налаживания телевизора), то надо заземлить точку $А$, замкнув штырьки *49*, *50* на плате блока УПЧИ.

В заключение рассмотрим **блок питания** телевизора УНТ-47/59, схема которого приведена на полной схеме телевизора на рис. 20. Схема довольно сложная, что объясняется прежде всего стремлением развязать каскады по постоянному току, удовлетворить требования к фильтрации, предъявляемые различными каскадами, стремлением получить от блока питания различные напряжения без применения гасящих резисторов и т. п.

Блок работает следующим образом. Ток через нагрузку протекает от точки соединения катодов диодов к точке соединения их анодов, которая является минусом выпрямителя. Действующее значение переменного напряжения на выводах обмотки 5—5^1 составляет 130 *в*, и конденсатор C_{534} на выходе этой мостовой схемы заряжается до 150 *в*. Действующее значение напряжения на выводах обмотки 8—8^1 составляет 94 *в*, и напряжение на выходе этой схемы, т. е. на конденсаторе C_{533}, должно бы составлять 110 *в*. Однако так как эта схема соединена с плюсом первой мостовой схемы, то конденсатор C_{533} заряжается до напряжения 150 + 110 = 260 *в*.

С выхода выпрямителя снимается пять напряжений: 150, 250, 260, 225 и 235 *в*. От напряжения 150 *в* питаются аноды и экранирующие сетки ламп блока ПТК, УПЧИ, УПЧЗ, АПЧГ и экранирующая сетка лампы выходного каскада УНЧ. От напряжения 250 *в* питается анод лампы первого каскада УНЧ, анод и экранирующая сетка лампы амплитудного селектора блока синхронизации, анод лампы $Л_{403}$, аноды ламп мультивибраторов и видеоусилителя, а также экранирующая сетка лампы этого каскада. От напряжения 260 *в* питаются лампа демпфера и экранирующая сетка лампы выходного каскада строчной развертки. Наконец, от напряжения 225 *в* питается лампа выходного каскада кадровой развертки, а напряжение 235 *в* используется для питания анода выходной лампы УНЧ.

Полная схема телевизора приведена на рис. 20. В черные рамки заключены схемы, которые содержатся на тех пяти блоках (включая ПТК и отклоняющую систему), что можно купить готовыми. Таким образом, вам останется изготовить самостоятельно только схему выходного каскада строчной развертки, схемы регулировки тембра и блок питания, а также произвести соединения между печатными платами. Но и это не малая работа!

Как сделать телевизор

Итак, вы купили все те блоки и детали, которые необходимы. Если вы не сможете достать унифицированные трансформатор питания и дроссель фильтра выпрямителя, а также выходной трансформатор звука (ТВЗ), то надо намотать их самостоятельно, пользуясь данными таблицы.

Обозначение по схеме	Наименование	Выводы	Число витков	Провод: марка и диаметр, *мм*	Сердечник
$Тр_{504}$	Трансформатор силовой ТС-180	1—2	375	ПЭЛ 0,74	Стержневой ленточный, ПЛ21×45
		2—3	58	ПЭЛ 0,74	
		5—6	214	ПЭЛ 0,51	
		7—8	157	ПЭЛ 0,41	
		9—10	23	ПЭЛ 1,45	
		11—12	23	ПЭЛ 0,64	
		1′—2′	375	ПЭЛ 0,74	
		2′—3′	58	ПЭЛ 0,74	
		5′—6′	214	ПЭЛ 0,51	
		7′—8′	157	ПЭЛ 0,41	
		9′—10′	23	ПЭЛ 1,45	
		11′—12′	23	ПЭЛ 0,38	
	Трансформатор силовой самодельный высоковольтный	1—2	375	ПЭЛ 0,64	Электротехническая сталь, пластины Ш-40, набор 45 *мм*
		2—3	58	ПЭЛ 0,64	
		1′—2′	375	ПЭЛ 0,64	
		2′—3′	58	ПЭЛ 0,64	
		5—6	428	ПЭЛ 0,51	
		7—8	314	ПЭЛ 0,41	
	Трансформатор силовой самодельный накальный	1—3	487	ПЭЛ 0,41	Электрическая сталь, пластины Ш-40, набор 45 *мм*
		3—3′	349	ПЭЛ 0,41	
		9—10	26	ПЭЛ 1,45	
		9′—10′	26	ПЭЛ 1,45	
		11—12	26	ПЭЛ 0,64	
		11′—12′	26	ПЭЛ 0,38	
$Др_{501}$	Дроссель фильтра $Др_2$	1—2	1 220	ПЭЛ 0,25	Броневой ленточный ШЛ16×32
		3—4	570	ПЭЛ 0,15	
$Тр_{502}$	Трансформатор выходной звука ТВ-2А	1—2	2 400	ПЭВ-1 0,15	Броневой ленточный ШЛ16×25
		3—4	86	ПЭВ-1 0,57	

Однако следует иметь в виду, что унифицированный трансформатор питания, применяемый в телевизоре УНТ-47/59, имеет ленточный сердечник, т. е. сердечник набран не из Ш-образных пластин, а намотан из ленточного трансформаторного железа. Окно, в котором наматываются обмотки, у такого ленточного сердечника большое, поэтому при самостоятельном изготовлении трансформатора надо взять Ш-образные пластины с возможно большим окном. Если же таких пластин не окажется и обмотки не уместятся, то лучше намотать отдельный накальный трансформатор, что и сделано в описываемой конструкции.

Возможно, вам не удастся достать сдвоенные электролитические конденсаторы 150,0 + 150,0×250 *в*; 30,0 + 150,0×350 *в* и т. п., в этом случае можно вместо них применить два обычных одинарных с соответствующими данными.

Будет очень хорошо, если вы достанете фабричное металлическое шасси, например, от телевизора «Рубин-106», на котором монтируются печатные платы, электролитические конденсаторы и прочие детали. Еще лучше, если вы купите и ящик от того же телевизора с узлами крепления и поворота шасси, обрамляющей рамкой и пр. Тогда ваш телевизор и внешне ничем не будет отличаться от заводского. При самостоятельном изготовлении шасси его не надо делать точно таким, как заводское, так как на заводском устанавливаются не только печатные платы, но и тяжелый трансформатор питания, дроссель, электролитические конденсаторы фильтра выпрямителя и пр. При самостоятельном изготовлении телевизора можно вообще отказаться от шасси, а укрепить печатные платы и самодельный выходной каскад строчной развերт-

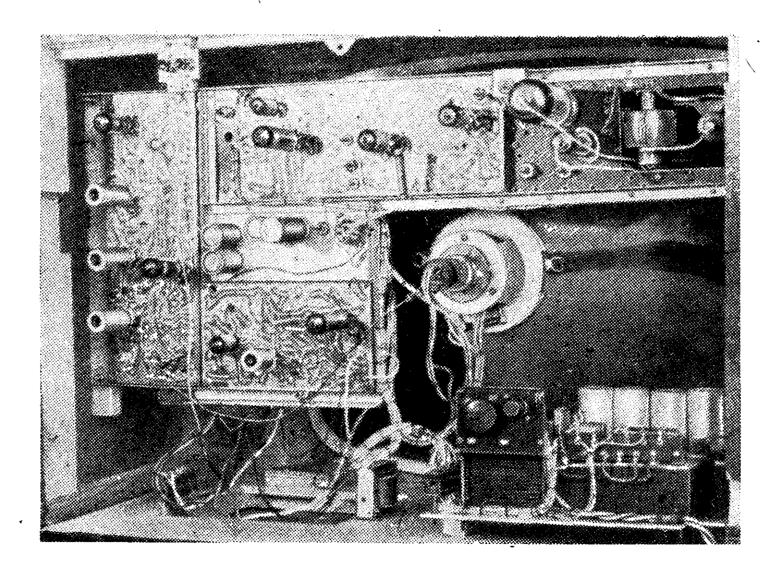


Рис. 21. Монтаж блоков на панели телевизора.

ки на каркасе из дюралюминиевых угольников, которые крепятся на шарнирах ящика. Блок ПТК, блок питания (трансформатор питания, дроссель фильтра, электролитические конденсаторы и пр.), выполненные на отдельном небольшом шасси, а также кинескоп с отклоняющей системой, выходной трансформатор усилителя низкой частоты (ТВЗ) и громкоговорители в этом случае монтируют в ящике телевизора и связывают с печатными платами при помощи жгутов с разъемами. Одна из подобных конструкций показана на рис. 21. Печатные платы крепят к уголкам винтами, под которые между металлическим уголком и печатной платой подложены изоляционные втулки, чтобы избежать замыкания печатного монтажа на шасси. Расположение плат и

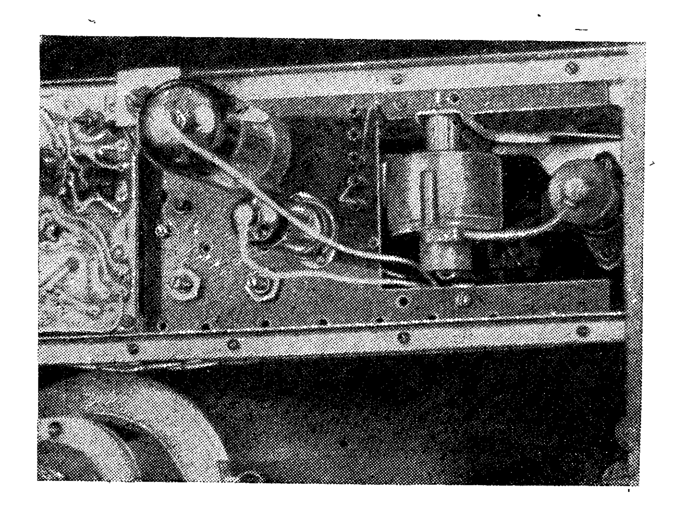


Рис. 22. Монтаж выходного каскада блока строчной развертки.

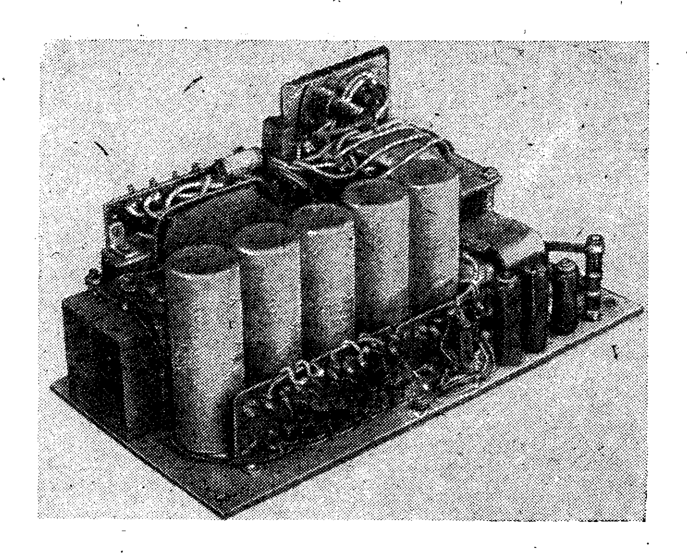


Рис. 23. Блок питания.

блоков может быть и другим, но они должны быть расположены так, чтобы соединительные провода между платами и блоками были как можно короче.

Надо предусмотреть такое крепление шасси или каркаса в ящике, чтобы во время налаживания и ремонта телевизора можно было подойти к печатным платам с двух сторон: со стороны ламп (эта сторона обращена к задней съемной стенке) и со стороны печатных линий (эта сторона обращена внутрь ящика). Для возможности подхода к этой стороне надо укрепить шасси или каркасы на шарнирах и поворачивать или откидывать шасси во время налаживания.

Конструкция платы выходного каскада строчной развертки показана на рис. 22. Плату надо изготовить из гетинакса или текстолита толщиной

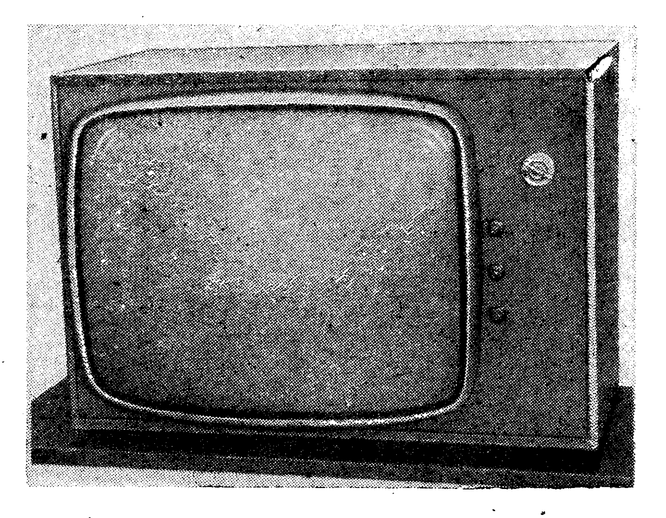


Рис. 24. Внешний вид телевизора из унифицированных блоков с кинескопом 65ЛК1Б.

1,5—2 *мм*. Трансформатор ТВС следует укрепить так, чтобы его детали крепления, магнитопровод, колодка с выводами были удалены от металлических частей шасси, так как все элементы ТВС находятся под высоким напряжением и при близком расположении металлических заземленных деталей к ТВС возможен пробой или утечка высоковольтного напряжения. По этой же причине нельзя располагать близко к ТВС и другие детали схемы блока строчной развертки. Высоковольтный фильтр C_{504},R_{503} надо смонтировать на небольшой плате из хорошего изоляционного материала и укрепить на стенке ящика, рядом с анодным выводом кинескопа. Надо также не забыть соединить с шасси металлическую рамку экрана кинескопа, иначе при работе кинескопа эта рамка зарядится до высокого напряжения и при прикосновении к ней вы получите электрический удар.

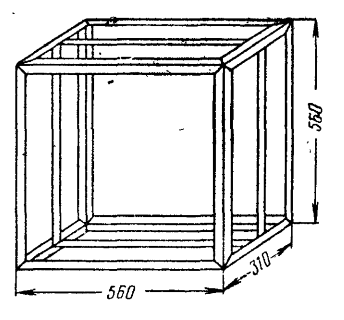


Рис. 25. Одна из возможных конструкций рамы-каркаса.

Конструкция блока питания показана на рис. 23. Все детали блока смонтированы на дюралюминиевом шасси толщиной 2—3 *мм*. В шасси вырезаны отверстия для трансформатора, электролитических конденсаторов, на стойках установлены контактные панели для диодов схемы выпрямителей, разъем для подключения жгута. Блок крепится в ящике телевизора с помощью резьбовых шпилек.

Особое внимание надо обратить на крепление кинескопа в ящике. Он может крепиться непосредственно к передней стенке ящика четырьмя болтами за металлическую рамку экрана. Крепление должно быть надежным, а передняя стенка ящика достаточной толщины. Отклоняющая система надевается на горловину кинескопа и закрепляется хомутиком, при этом надо соблюдать осторожность, так как горловину легко отломить. По этой же причине горловина не должна быть связана с ящиком, ее ничто не должно подпирать и т. п. Кинескопы с углом отклонения 110° взрывобезопасны, поэтому нет необходимости устанавливать перед экраном защитное стекло.

Если нет обрамляющей рамки, то можно обойтись и без нее, так как металлическая рамка кинескопа хорошо смотрится на передней стенке ящика. Только в этом случае надо укрепить кинескоп так, чтобы его металлическая рамка выступала из передней стенки, а стенку закрыть декоративной тканью, пластмассовой панелью и т. п. Внешний вид такого телевизора показан на рис. 24. На переднюю панель выведены только четыре ручки управления: ручка блока ПТК и ручки регулировки яркости, контрастности и громкости (с выключателем).

Возможно и другое конструктивное оформление телевизора, например такое, как на рис. 25. В этом случае из металлических угольников надо сделать прочную раму-каркас, на которой крепится кинескоп, печатные платы, блок ПТК, блок питания и даже громкоговорители с отражательной доской. При такой конструкции шасси телевизор можно вставить в шкаф, в сервант, в тумбочку или закрыть легким футляром из пластика, фанеры или даже картона, укрепив футляр на раме-каркасе.

Налаживание

Все блоки телевизора, если они кондиционные, продаются совершенно исправными и полностью настроенными. Поэтому если монтаж блоков и соединительных проводов сделан без ошибок, то телевизор сразу заработает вполне удовлетворительно. Останется лишь подстроить частоту строчной и кадровой разверток и отрегулировать положение корректирующих магнитов отклоняющей системы, чтобы искажения растра были минимальными. Придется отрегулировать также размер изображения по вертикали и горизонтали.

Учитывая сказанное, надо перед включением телевизора основное внимание уделить проверке самодельных блоков, а также тщательно проверить правильность соединений между блоками, особенно цепи, подающие питание, так как ошибка приведет к порче печатных плат, что особенно обидно. Блок питания желательно проверить отдельно от телевизора, измерив напряжения на его выходах, и дать ему поработать некоторое время, чтобы определить, не нагреваются ли обмотки трансформатора и дросселя — сильный нагрев обмоток на холостом ходу свидетельствует о наличии в них короткозамкнутых витков; в этом случае придется перемотать обмотки.

Надо учесть, что при холостой работе блока питания напряжения на его выводах повышаются, поэтому если рабочие напряжения электролитических конденсаторов выбраны без запаса, то возможен пробой этих конденсаторов и их лучше отключить перед проверкой блока. Блок питания не требует налаживания, все неисправности обязаны своим появлением либо ошибкам в монтаже, либо испорченным деталям.

Другим самодельным блоком телевизора является выходной каскад строчной развертки. Если он не работает, то это сразу заметно: нет растра на экране кинескопа, отсутствует характерное шипение высокого напряжения, не светится высоковольтный кенотрон, при вращении ручки «Частота строк» нет изменяющегося по тону свиста ТВС. Кроме того, отсутствует напряжение «вольтодобавки», и это сказывается на работе блока кадровой развертки. Наконец, будет «заперто» звуковое сопровождение.

Надо сказать, что выходной каскад строчной развертки — это сложный и капризный блок и причин, по которым он может не работать, много. При его проверке надо придерживаться определенных правил. Если после включения телевизора и прогрева ламп слышно характерное шипение высокого напряжения и при регулировке ручки «Частота строк» слышен свист, но экран кинескопа не светится, то следует прежде всего отрегулировать положение магнита ионной ловушки, проверить его исправность (т. е. установить, притягивает ли он стальные предметы) и проверить кинескоп на потерю эмиссии, для чего управляющую сетку кинескопа надо соединить с катодом и еще раз отрегулировать положение корректирующего магнита ионной ловушки; если и при этом экран не засветится, то катод кинескопа потерял эмиссию. Однако прежде чем сделать такой вывод, измерьте напряжения на электродах кинескопа — если на каком-либо из них отсутствует напряжение или оно недостаточно, то выясните, в чем дело, и устраните неисправность, а уж потом решайте, надо ли заменить кинескоп.

Если развертка не работает, то прежде всего надо установить, виноват ли в этом самодельный выходной каскад строчной развертки или задающий генератор этой развертки — мультивибратор, который находится на печатной плате разверток. Проверку неисправности мультивибратора следует начинать с измерения напряжения на резисторе R_{444} и на управляющей сетке правого триода лампы $Л_{403}$. У исправного мультивибратора эти напряжения должны быть соответственно около $+3 \div +10$ и $-5 \div -20$ *в*, причем отрицательное напряжение на управляющей сетке будет изменяться при регулировке частоты строк. Следует измерить также напряжения на анодах мультивибратора, и если окажется, что на одном из анодов напряжение равно напряжению источника питания, то это верный признак, что мультивибратор не работает (не происходит «опрокидывания»).

При проверке мультивибратора надо исключить влияние на его работу блока синхронизации, для чего управляющую сетку левого триода надо заземлить.

Кстати, покраснение анода выходной лампы строчной развертки — верный признак неисправности мультивибратора, так как мультивибратор создает отрицательное смещение на управляющей сетке этой лампы, и если он не работает, то это смещение отсутствует и ток выходной лампы значительно увеличивается. Поэтому, чтобы не повредить выходную лампу при проверке мультивибратора, ее надо вынуть.

При нормальной работе мультивибратора надо предположить, что неисправен выходной каскад. Еще раз проверьте монтаж, контакты. Попро-

буйте выяснить, имеется ли хоть незначительное напряжение на аноде кинескопа. В качестве «киловольтметра» можно использовать длинную тонкую отвертку с ручкой из хорошего изоляционного материала. Осторожно приближают жало отвертки к выводу анода кинескопа, одновременно прижав стержень отвертки к «земле». Длина искры при нормальном напряжении на аноде кинескопа 15 *кв* — не менее 20—25 *мм*. Если напряжение на аноде кинескопа мало, то надо измерить напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» C_{502}. Нормальное напряжение на этом конденсаторе (1 000 *в*) указывает на то, что каскады строчной развертки исправны и неисправность следует искать в цепях высоковольтного выпрямителя (нарушение контактов, потеря эмиссии или перегорание нити накала высоковольтного кенотрона, обрыв высоковольтной обмотки ТВС, неисправность высоковольтного фильтра). Если же напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» понижено, но при отключении высоковольтного выпрямителя возрастает до нормального, то это наверняка свидетельствует о неисправности высоковольтного выпрямителя (нарушение изоляции высоковольтного провода и связанная с этим значительная утечка, наличие газа в кенотроне, пробои или утечка в высоковольтном конденсаторе фильтра, утечка напряжения с анода кинескопа на металлическую рамку колбы).

Иногда понижение напряжения на конденсаторе «вольтодобавки» или даже отсутствие его сопровождается накаливанием анода демпферной лампы. Это свидетельствует об утечке или пробое в катодной цепи этой лампы. Если же эта лампа вообще неисправна, то напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» отсутствует.

Если напряжение на этом конденсаторе лишь незначительно превышает напряжение питания, но генератор строчной развертки работает (при повороте ручки «Частота строк» слышен свист), надо предположить, что произошло замыкание на землю выводов *3* или *2* выходного трансформатора строчной развертки или цепей АРУ, подстройки частоты и фазы строчной развертки или гашения обратного хода. Наконец, следует проверить конденсатор «вольтодобавки» на отсутствие утечки.

При отсутствии напряжения на этом конденсаторе надо проверить конденсатор C_{502} и обмотки ТВС. При этом следует иметь в виду, что если произойдет замыкание части витков анодной обмотки ТВС, то напряжение на конденсаторе «вольтодобавки» уменьшится до 600—500 *в*, а изображение выйдет за пределы обрамляющей рамки. Если же замыкание произойдет в отклоняющих катушках, то это тоже приведет к уменьшению напряжения на конденсаторе «вольтодобавки», но размер изображения по горизонтали при этом уменьшится. Замечу, что нельзя отсоединять отклоняющие катушки от ТВС (а это захочется сделать, чтобы выяснить, виноваты ли отклоняющие катушки в уменьшении напряжения на конденсаторе «вольтодобавки»), так как это вызовет прожог экрана кинескопа.

Наконец, возможна и пониженная яркость свечения экрана, однако виновником этого может быть не только кинескоп, но и высоковольтный кенотрон, потерявший эмиссию, причем признаком этого будет следующее: яркость можно увеличить лишь до определенного предела, а при дальнейшем повороте ручки «Яркость» изображение расплывается и экран гаснет.

Когда развертки заработают нормально, т. е. на экране кинескопа появится растр и «картинка», надо отрегулировать развертки, чтобы получить нужный размер изображения и хорошую линейность. При этом начать надо с регулировки схемы автоматического поддержания размеров изображения, которая должна поддерживать размеры изображения неизменными при колебаниях питающего напряжения сети $\pm 10\%$. Для этого включают телевизор через ЛАТР (автотрансформатор) и устанавливают питающее напряжение равным 198 *в*. Затем регулируют потенциометром R_{512} горизонтальный размер изображения таким образом, чтобы он выходил за пределы обрамляющей рамки на 5—10 *мм* с каждой стороны. После этого надо подобрать величину высоковольтного напряжения на аноде кинескопа — оно должно быть не менее 15,5 *кв*. Если у вас нет киловольтметра, то попробуйте увеличить или уменьшить высоковольтное напряжение (отпаяв конденсатор C_{506} или подо-

брав точки его подключения *5*, *6*, *7* к ТВС — чем большая часть обмотки ТВС шунтируется конденсатором, тем меньше высокое напряжение) и, оценив качество изображения, решите, надо ли изменить напряжение на аноде кинескопа. Выбрав величину высоковольтного напряжения, при помощи потенциометра R_{512} устанавливают нормальный размер изображения по горизонтали. Далее регулируют установку магнита регулятора линейности строк L_{501} — сжимают растр слева до получения хорошей линейности. Если же РЛС регулирует правую сторону растра, то надо переключить концы катушки. Кроме того, линейность регулируют и при помощи двух корректирующих магнитов, находящихся на отклоняющей системе, причем эти магниты надо не только смещать вверх и вниз, но и поворачивать.

Все же предположим, что не удалось добиться хорошей линейности по горизонтали. Например, сжата правая часть растра. В этом случае возможна частичная потеря эмиссии выходной лампы строчной развертки, уменьшение ёмкости конденсатора C_{501}, изменение напряжения на экранирующей сетке выходной лампы, неисправность переходного конденсатора C_{433}. Кроме того, надо проверить исправность электролитического конденсатора фильтра выпрямителя блока питания. Нарушение линейности в левой части растра чаще всего вызывается неисправностью магнита, деталей РЛС или конденсатора C_{507}.

Линейность по вертикали обычно легко получить путем регулировки ручек резисторов R_{412} (размер кадра), R_{414} (линейность нижней части изображения) и R_{404} (линейность верхней части).

В заключение регулировки блока разверток надо настроить стабилизирующий контур мультивибратора. Для этого устанавливают ручку «Частота строк» в среднее положение, а затем вращением ручки резистора R_{452} добиваются устойчивой синхронизации по строкам. После этого соединяют с землей контрольную точку *КТ-18* и опять добиваются устойчивой синхронизации по строкам при помощи регулировки резистора R_{452}. Теперь отключают от земли точку *КТ-18* (изображение при этом должно остаться устойчивым) и вращением сердечника стабилизирующего контура из крайнего верхнего положения находят максимально возможный сдвиг изображения влево, при котором изображение остается устойчивым.

Выше уже говорилось, что все блоки телевизора УНТ-47/59 продают полностью настроенными. Поэтому после регулировки разверток качество изображения должно быть очень хорошим — до 500—550 линий на вертикальном клине испытательной таблицы. Однако может случиться, что вы случайно достанете некондиционные или уже побывавшие в эксплуатации блоки, у которых расстроены контуры или возможны какие-то неисправности. В этом случае хорошей «картинки» может не получиться, контрастность окажется малой или будет плохим звуковое сопровождение и т. п. Телевизор с такими некондиционными блоками надо настроить, а для этого необходим универсальный прибор для настройки телевизоров типа X1-7 (раньше он назывался ПНТ-59) или X1-3А (ПНТ-3М). О том, как работают эти приборы и как с ними обращаться, можно прочесть в инструкции к ним или в пособиях по ремонту телевизоров, например в брошюре Л. Н. Виноградова «Мастер по ремонту телевизоров», изд-во «Связь», 1968 г. Без этого прибора (его можно найти в радиоклубе, на станции юных техников, в радиокружке) не следует трогать подстроечных сердечников контуров. Во всяком случае надо хорошо запомнить (еще лучше — зарисовать!) положение шлицев этих сердечников с тем, чтобы можно было вернуть сердечник в прежнее положение, если его вращение ухудшит изображение. О настройке телевизора подробнее мы поговорим позднее.

Рассмотрим теперь наиболее характерные неисправности, с которыми можно столкнуться после того, как налажена работа разверток, т. е. получен светящийся растр.

Нет изображения и звука. Причиной этого может быть неисправность блоков ПТК, УПЧИ или видеодетектора. Видеоусилитель и весь канал звукового сопровождения пока следует исключить из сферы поиска неисправности, а вот на цепи АРУ следует обратить особое внимание, так как появление большого отрицательного напряжения на управляющих сетках ламп

может послужить причиной исчезновения сигналов изображения и звука. Для снятия этого большого отрицательного напряжения надо замкнуть между собой штырьки *49—50* на печатной плате блока разверток. Если после этого отрицательное напряжение на шине АРУ уменьшится и появятся изображение и звук, то следует проверить, поступает ли напряжение «вольтодобавки» на диод $Д_{511}$.

Если напряжение на шине АРУ нормальное (—7 и —14 *в*, рис. 19), то надо проверить прохождение сигнала через видеоканал до видеодетектора. Для этого «Вход НЧ» прибора Х1-3А или Х1-7 через резистор сопротивлением 47 *ком* подключают к контрольной точке *КТ-9* (к выходу видеодетектора), а «Выход ЧМ» прибора — через конденсатор ёмкостью 100 *пф* к антенному входу телевизора. Переключатель диапазонов прибора устанавливают на соответствующий диапазон частот (например, если проверка производится на первом канале телевизора, то в положение 27—70 *Мгц*). Выходное напряжение прибора снимается с делителя 1 : 100 или 1 : 1 000. Поворачивая ручку «Средняя частота», попытайтесь получить на экране изображение частотной характеристики видеоканала телевизора. Если это не удастся, то увеличьте сигнал на выходе прибора, переведя переключатель делителя в положение 1 : 100. Если и это не даст результата, то «Вход НЧ» прибора через выносную детекторную головку (прилагается к прибору) переносят в точки *КТ-7*, *КТ-5* и *КТ-4*. Если в одной из этих точек будет получено изображение характеристики видеоканала, то, следовательно, неисправность надо искать между этой точкой и точкой *КТ-9*. Наконец, если даже в точке *КТ-4* нет сигнала, то неисправен блок ПТК.

Ремонт и настройка блока ПТК — дело очень сложное, поэтому прежде всего попытайтесь заменить его лампы заведомо годными — обычно это возвращает блоку работоспособность. Если же дело окажется не в лампах, то не спешите вращать настроечные винты блока ПТК, а проверьте контакты, устраните случайные замыкания, выясните, нет ли сгоревших резисторов и пр.

Звук есть, изображения нет. Наличие звука говорит не только об исправности всего канала звукового сопровождения, но и об исправности канала изображения до точки ответвления разностной частоты 6,5 *Мгц*, т. е. до точки *КТ-9*. Очевидно, надо проверить видеодетектор и цепи видеоусилителя до катода кинескопа.

Есть изображение, нет звука. В этом случае неисправность следует искать только в канале звукового сопровождения от точки ответвления разностной частоты, т. е. от точки *КТ-9*.

Неустойчивость изображения. В этом скорее всего виноват каскад синхронизации, причем если изображение неустойчиво только по горизонтали, то неисправность следует искать прежде всего в схеме автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки и в неправильной настройке стабилизирующего контура мультивибратора. При нестабильности изображения только в вертикальном направлении надо предположить, что амплитудный селектор блока синхронизации работает нормально, но кадровые синхронизирующие импульсы не доходят до задающего генератора из-за неисправности в интегрирующей цепочке, либо неисправен блокинг-генератор — задающий генератор кадровой развертки.

Настройка телевизора

Потребность в настройке контуров телевизора может возникнуть не только потому, что в нем применены некондиционные или бывшие в эксплуатации блоки, но и через некоторое время после нормальной его работы из-за изменения параметров деталей схемы. Небольшая расстройка может быть ликвидирована путем подстройки контуров по телевизионной испытательной таблице, передаваемой телецентром днем или за несколько минут до начала передач. При этом надо вспомнить влияние на качество изображения правого и левого склонов частотной характеристики УПЧИ, положения несущей

и т. п. и, анализируя качество изображения на экране кинескопа, попытаться подстроить соответствующие контуры. Делать это надо осторожно и предварительно запомнить положение подстроечного сердечника контура, чтобы можно было вернуть его в исходное положение, если его вращение ухудшит качество изображения.

При значительной расстройке или замене контуров необходимо настроить весь блок при помощи прибора Х1-7 или Х1-3А.

Настройка видеоканала. Перед началом настройки надо замкнуть штырьки *49—50* на плате блока УПЧИ (рис. 19), отсоединить блок ПТК, отклоняющую систему и снять панельку с цоколя кинескопа, а также вынуть лампы выходных каскадов блока развертки.

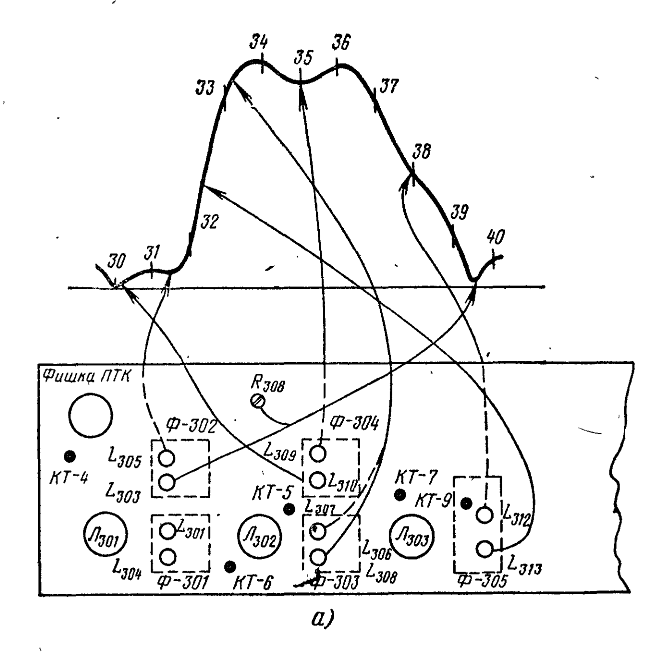
Выход прибора (частотно-модулированный сигнал) подключают к контрольной точке *КТ-4* платы УПЧИ, а вход осциллографа прибора (без детекторной головки) через резистор сопротивлением 47 *ком* к нагрузке видеодетектора — к контрольной точке *КТ-9*. Делитель выхода прибора устанавливают в положение 1 : 100, включают диапазон 27—70 *Мгц* и регулировкой ручек «Усиление», «Выходное напряжение» и «Средняя частота» прибора устанавливают удобный для наблюдения размер и положение частотной характеристики УПЧИ. Сравнивают её форму с требуемой и подстройкой соответствующих контуров (рис. 26) добиваются исправления её формы. При этом надо иметь в виду, что изменение настройки одного контура требует подстройки и других контуров.

«Ответственность» контуров блока УПЧИ следующая: контур L_{307} (фильтр *Ф-303* со стороны фольги печатного монтажа) «отвечает» за плоскую верхнюю часть характеристики; вращение сердечника катушки L_{312} (фильтр *Ф-305* со стороны фольги) позволяет установить несущую промежуточную частоту изображения 38 *Мгц* на уровне 0,5; вращение сердечников катушек связи L_{306}, L_{305} (фильтр *Ф-303* со стороны навесного монтажа) позволяет обеспечить полосу пропускания частотной характеристики на уровне 0,5 не менее 4,8 *Мгц*.

При очень сильной расстройке контуров трудно исправить их настройку, наблюдая результирующую форму частотной характеристики. В этом случае лучше вести покаскадную настройку контуров. Её начинают с третьего каскада. Кабель с выхода прибора подключают к контрольной точке *КТ-7*, т. е. к управляющей сетке лампы $Л_{303}$; вход осциллографа прибора остается подключенным к выходу видеодетектора, т. е. к контрольной точке *КТ-9*. Попеременным вращением сердечников катушек L_{312} (фильтр *Ф-305* со стороны фольги) и L_{313} (фильтр *Ф-305* со стороны навесного монтажа) надо получить кривую на экране прибора с вершинами на частотах 32—32,5 и 38 *Мгц* (рис. 26, *б*).

Теперь сигнал прибора подают на контрольную точку *КТ-5*, т. е. на управляющую сетку лампы $Л_{302}$. Чтобы не возникло самовозбуждения каскадов УПЧИ и связанных с этим искажений их частотных характеристик, кабель прибора, подающий ЧМ сигнал, должен подключаться непосредственно к контрольной точке *КТ-5* без «крокодила» и длинных проводников. Чтобы исключить влияние контура $L_{301}C_{308}$ на форму частотной характеристики второго и третьего каскадов УПЧИ, надо либо шунтировать этот контур резистором в 150—200 *ом*, либо соединить анод лампы $Л_{301}$ с землей через конденсатор ёмкостью 2 000 *пф*. Делитель выходного напряжения прибора надо перевести в положение 1 : 1 — при этом на экране прибора появится изображение частотной характеристики, ограниченной (плоской) сверху. Пользуясь ручками прибора, эту кривую смещают таким образом, чтобы хорошо был виден участок с частотами 29 и 31 *Мгц* (рис. 26, *в*). Вращая сердечник катушек L_{310} и L_{311} (фильтр *Ф-304* со стороны навесного монтажа), надо добиться минимума на частоте 30 *Мгц*.

Теперь надо установить делитель выходного напряжения прибора в положение 1 : 10 и вращением сердечников катушек L_{307} и L_{309} (фильтры *Ф-303* и *Ф-304* со стороны фольги) получить кривую с максимумом на частоте 35,5 *Мгц* (рис. 26, *в*). Одновременно надо следить, чтобы характеристика второго и третьего каскадов имела необходимую полосу пропускания, для чего надо



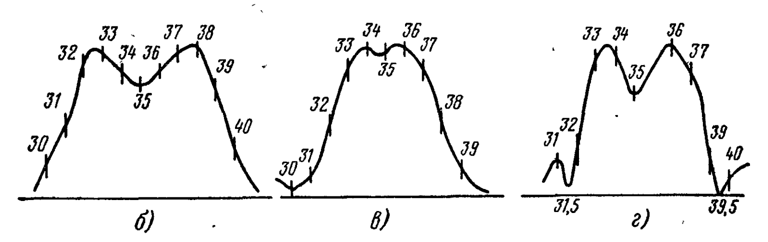


Рис. 26. Настройка контуров платы УПЧИ.

а — расположение органов настройки на плате УПЧИ и их влияние на различные участки частотной характеристики УПЧМ; *б* — частотная характеристика третьего каскада УПЧИ; *в* — частотная характеристика второго и третьего каскадов УПЧИ; *г* — частотная характеристика первого каскада.

подстраивать сердечник контуров L_{306} и L_{308} (фильтр *Ф-303* со стороны навесного монтажа).

Далее надо настроить режекторные контуры L_{303} и L_{305}. Для этого выход прибора подключают к контрольной точке *КТ-4* (делитель в положении 1 : 1). Конденсатор, который был включен в анодную цепь лампы $Л_{301}$, должен быть удален (или удален резистор, которым мы шунтировали контур L_{301}, C_{308}). Регулируя ручки прибора, надо получить в центре экрана изображение характеристики на частотах 39—40 *Мгц*. Затем вращением сердечника режекторного контура L_{303} (фильтр *Ф-302* со стороны навесного монтажа) и подбором положения движка резистора R_{308} надо добиться максимального провала кривой на частоте 39,5 *Мгц* (рис. 26, *г*).

После этого в центре экрана прибора сдвигают участок характеристики на частотах 30—32 *Мгц* и настраивают второй режекторный контур L_{305} (фильтр *Ф-302* со стороны фольги) на максимальный провал характеристики

на частоте несущей звукового сопровождения, т. е. на частоте 31,5 *Мгц* (рис. 26, *г*).

Остается произвести настройку контура в анодной цепи лампы первого каскада. Для этого вход осциллографа прибора надо перенести на контрольную точку *КТ-6* (до сих пор он был все время присоединен к контрольной точке *КТ-9*!), кроме того, надо шунтировать анод лампы $Л_{302}$ на землю конденсатором емкостью 2 000 *пф*, чтобы исключить влияние последующих контуров. Попеременно вращая сердечник катушки L_{301} (фильтр *Ф-301* со стороны фольги) и L_{304} (фильтр *Ф-301* со стороны навесного монтажа), надо получить такую форму характеристики этого каскада, какая показана на рис. 26, *г*.

В заключение настройки надо перенести вход осциллографа прибора вновь в точку *КТ-9* и проверить результирующую форму частотной характеристики всего УПЧИ. Возможно, придется немного подстроить отдельные контуры, чтобы получить необходимую форму результирующей характеристики, как об этом было рассказано выше.

При плохом качестве изображения, но нормальной форме частотной характеристики УПЧИ, надо проверить частотную характеристику видеоусилителя. Для этого «Выход ЧМ» прибора соединяют с выходом видеоусилителя (с контрольной точкой *КТ-8*) через последовательную цепочку, состоящую из конденсатора ёмкостью 0,5 *мкф* и резистора сопротивлением 3 *ком*. С цоколя кинескопа снимают ламповую панельку и к её ножке, предназначенной для катодного вывода кинескопа, подключают через детекторную головку вход осциллографа прибора. Пользуясь ручками прибора, устанавливают такой размер изображения по горизонтали, чтобы на нем укладывалось 7—8 мегагерцных меток вправо от нулевого провала. Делитель выходного напряжения должен быть в положении 1 : 1.

Типовая форма частотной характеристики видеоусилителя телевизора УНТ-47/59 показана на рис. 3. Если форма характеристики искажена, надо проверить исправность корректирующих дросселей и блокирующих их резисторов. Резкий спад характеристики в области высоких частот и ухудшение воспроизведения на экране телевизора мелких деталей могут произойти не только из-за замыканий в корректирующих дросселях, но и из-за увеличенной распределительной ёмкости монтажа схемы в результате чрезмерно длинных соединительных проводов, при значительном возрастании сопротивления нагрузки, например, из-за обрыва корректирующего дросселя, неисправности резисторов в анодной цепи, обрыва блокировочного конденсатора или высыхания электролитического конденсатора на выходе фильтра выпрямителя.

Настройка канала звукового сопровождения. В случае плохого звука надо прежде всего проверить громкоговорители и усилитель низкой частоты, например, путем проигрывания грампластинок. Если с этим блоками все в порядке, надо проверить настройку ЧМ детектора. Характеристика частотного детектора (рис. 12) должна иметь полосу пропускания 250 *кгц*, быть прямолинейной на рабочем участке и симметричной относительно частоты 6,5 *Мгц*. Симметричность характеристики оценивается сравнением высот точек перегиба, расположенных сверху и снизу от горизонтальной оси, — эти высоты не должны различаться более чем на 20%. Неправильная настройка частотного детектора приводит к появлению помех кадровой частоты (гудение с частотой 50 *гц*), дребезжанию, свисту, шипению.

Для проверки настройки ЧМ детектора выход прибора типа Х1-7 через резистор сопротивлением 100 *ом* подключают к контрольной точке *КТ-2* блока УПЧЗ, т. е. к управляющей сетке лампы $Л_{202}$, а вход осциллографа прибора — к контрольной точке *КТ-3*. Один из выводов электролитического конденсатора C_{219} надо отсоединить от схемы.

На экране прибора появится изображение частотной характеристики ЧМ детектора. Если форма частотной характеристики не соответствует показанной на рис. 12, то надо подстроить контуры: вращением сердечника катушки L_{206} (фильтр *Ф-203* со стороны фольги — см. рис. 27) добиться совпадения нулевой точки кривой (точка кривой, точка кривой, которая расположена на линии развертки прибора) с частотой 6,5 *Мгц*, а вращением сердечника катушки L_{205} (фильтр *Ф-203* со стороны навесного монтажа) обеспечить сим-

метрию вершин кривой относительно оси развертки прибора и наибольшего размаха характеристики. После этого надо снова подключить конденсатор C_{219}.

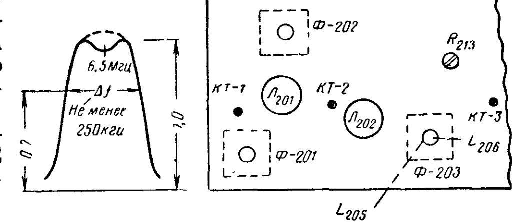


Рис. 27. Настройка контуров платы УПЧЗ.

Для точной настройки резистора R_{213} необходим ГСС и электронный вольтметр постоянного тока (например, ВК7-3). Вольтметр присоединяют к контрольной точке *КТ-3*, а выход ГСС через конденсатор ёмкостью 1 000 *пф* присоединяют к контрольной точке *КТ-2*. На ГСС устанавливают частоту 6,5 *Мгц* с глубиной амплитудной модуляции 30%. При этом вольтметр должен давать нулевые показания. Если же этого нет, то надо попытаться получить нулевые показания путем регулировки ручки резистора R_{213}. Если же и с помощью резистора R_{213} не удается этого достигнуть, то надо опять проверить правильность настройки вторичного контура детектора (катушка L_{206}). Если ГСС и электронного вольтметра у вас нет, то подобрать положение движка резистора R_{213} можно во время приема телепередачи — по минимуму кадрового фона.

Однако возможен и такой случай, при котором форма частотной характеристики детектора окажется нормальной, а звуковое сопровождение будет тихим и идти на фоне кадровой частоты. Тогда надо проверить настройку УПЧЗ. Для настройки анодного контура лампы первого каскада УПЧЗ (фильтр *Ф-202*) надо выход прибора типа Х1-7 подключить к контрольной точке *КТ-1*, а вход осциллографа прибора через резистор сопротивлением 300 *ком* — к контрольной точке *КТ-2*. При этом на экране прибора должно возникнуть изображение частотной характеристики, форма которой должна соответствовать показанной на рис. 27. Если потребуется настройка, то она производится вращением сердечников катушек L_{203} и L_{204} (фильтр *Ф-202*). При этом необходимо получить как можно большую высоту характеристики, полосу пропускания не менее 250 *кгц* и симметричность характеристики относительно частоты 6,5 *Мгц*.

Далее переходят к настройке фильтра *Ф-201*. Для этого выход прибора подключают к контрольной точке *КТ-9* на плате УПЧИ (подключение выхода прибора к этой точке производят через конденсатор ёмкостью 0,5 *мкф*). Вход осциллографа подключен к контрольной точке *КТ-2*. Вращением сердечников катушек L_{202} (фильтр *Ф-201*) и L_{318} (фильтр *Ф-305* со стороны навесного монтажа платы УПЧИ) надо добиться максимального увеличения высоты частотной характеристики и соответствия её формы заданным требованиям (рис. 27). При этом, возможно, потребуется некоторая подстройка сердечников контуров фильтра *Ф-202*. Если вращение сердечника катушки L_{318} не сказывается на форме и высоте частотной характеристики, то следует проверить фильтр *Ф-305*.

Настройка схемы автоматической подстройки частоты гетеродина заключается в установке начального регулирующего напряжения и получении требуемой формы частотной характеристики дискриминатора схемы АПЧГ. Настройка производится с помощью электронного вольтметра постоянного тока и прибора типа Х1-7 (или Х1-3А).

Перед настройкой надо отключить блок ПТК, вынуть лампы выходных каскадов разверток и замкнуть штырьки *49—50* на плате УПЧИ (рис. 19). Затем плюсовый щуп вольтметра подключают к контрольной точке *КТ-14* (рис. 9), а минусовый — к точке *КТ-15*. Вращением движка потенциометра R_{352} устанавливают по вольтметру напряжение +3 *в* (тумблер $Вк_{502}$ должен находиться в положении «Автоматическая подстройка»). Если получить напряжение +3 *в* не удастся, то надо проверить все цепи, относящиеся к потенциометру R_{352}; в некоторых случаях приходится подбирать сопротивление резистора R_{346}.

Далее к контрольной точке *КТ-4* (рис. 7) подключают выход прибора типа Х1-7, а вход осциллографа этого прибора подключают к контрольной точке *КТ-10*, т. е. к выходу дискриминатора АПЧГ. На экране прибора при этом должно возникнуть изображение частотной характеристики дискриминатора АПЧГ (рис. 9, *б*). Вращением сердечника катушки L_{316} (фильтр *Ф-306* со стороны навесного монтажа) надо добиться наибольшей крутизны линейного участка и симметрии плеч, а затем вращением сердечника катушки L_{317} (фильтр *Ф-306* со стороны фольги) сдвинуть характеристику таким образом, чтобы метка 38 *Мгц* совместилась с нулевой точкой характеристики. Словом, настройка этого фильтра производится так же, как настройка ЧМ детектора канала звукового сопровождения.

Когда такая предварительная настройка схемы АПЧГ произведена, подключают блок ПТК, вставляют лампы выходных каскадов разверток, снимают перемычку со штырьков *49—50* и включают телевизор. Ручной настройкой гетеродина (тумблер $Вк_{502}$ в положении «Ручная подстройка») получают на экране телевизора наилучшее изображение телевизионной испытательной таблицы при хорошем звуковом сопровождении, после чего тумблер $Вк_{502}$ переводят в положение «Автоматическая подстройка». Если изображение таблицы на экране телевизора не ухудшилось и качество звукового сопровождения осталось хорошим, то все в порядке. Если же изображение ухудшилось, то осторожным вращением сердечника катушки L_{317} надо получить наилучшее изображение при хорошем звуковом сопровождении.

ЛИТЕРАТУРА

Гуткин В. М. Применение транзистора в телевизионных схемах. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 80 стр.

Изложены особенности применения транзисторов во всех основных узлах телевизора. Рассматриваются схемы основных узлов некоторых отечественных и зарубежных телевизоров на транзисторах, приводится методика их расчета.

Книга предназначена для радиолюбителей, знакомых с основами телевидения и полупроводниковой электроники.

Пилтакян А. М. Экономичный любительский телевизор. Изд-во «Энергия», 1966 (Массовая радиобиблиотека), 56 стр.

Описание телевизора, в схеме которого использовано 8 ламп, 5 транзисторов и 8 диодов. Кинескоп 43ЛК9Б с углом отклонения 110°.

Подробно описано конструктивное оформление. Предлагаются варианты схем.

Книга предназначена для радиолюбителей, имеющих некоторый опыт в сборке супергетеродинных приемников.

Айсберг Е. Телевидение? ... Это очень просто! Изд. 2-е, переработ. пер. с франц., под ред. А. Я. Брейтбарта. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 192 стр.

«Из всех чудес современности телевидение, бесспорно, наиболее увлекательно, — пишет в предисловии автор этой книги. — Быстрое развитие телевидения требует привлечения во всех странах большого количества техников. Кроме того, каждый культурный человек стремится познакомиться с этим новым средством связи. Вероятно, именно поэтому многие обращались ко мне с пожеланием, чтобы я выпустил книгу «Телевидение? ... Это очень просто!» по образцу книги «Радио?... Это очень просто».

И вот уже быстро разошлось второе издание этой книги на русском языке.

Она завоевала широкую популярность среди читателей благодаря её занимательности и доступности, однако не в ущерб строгости изложения. В ней изложены принципы телевидения и рассказано, как работает современный телевизор.

Во втором русском издании переработана глава о цветном телевидении.

Для чтения этой книги необходимо элементарное знакомство с радиотехникой.

Алексаков Г. А., Самойликов К. И. Транзисторные телевизоры «Малахит» и «Космонавт». Изд-во «Связь», 1967 (Библиотека «Телевизионный прием»), 62 стр.

Подробное описание любительских телевизоров. Первый содержит в своей схеме 23 транзистора и 16 диодов. В качестве кинескопа используется электроннолучевая трубка 7ЛО35. Размер изображения 45×60 *мм*, выходная мощность УНЧ 200 *мвт.*

Описание содержит монтажные схемы и разметку печатных плат. Телевизор «Космонавт» имеет в схеме 22 транзистора, 6 диодов и одну электронную лампу. Электроннолучевая трубка 5ЛО38. Размер экрана 40×30 *мм*. Выходная мощность 80 *мвт.*

Дризе Е. М. и др. Любительский телевизор на транзисторах. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Описание двенадцатиканального телевизора, в котором использовано 27 транзисторов. Телевизор имеет телескопическую антенну.

Предусмотрено подсоединение наружной антенны кабелем с волновым сопротивлением 75 *ом*. В брошюре много внимания уделено описанию конструкции, сборке, регулировке и настройке телевизора.

Кузинец Л. М. Неисправности в телевизорах, изд. 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 128 стр.

Способы определения и устранения несложных неисправностей в телевизоре.

Для облегчения определения неисправностей приводятся фотографии искажений изображений, свойственных тем или иным дефектам телевизора.

Даны рекомендации по взаимозаменяемости и ремонту некоторых деталей.

Предназначена радиолюбителям и телезрителям, знакомым с основами телевизионной техники.

Мавзолевский А. Г., Шехтман А. М. Установка в телевизоры унифицированных узлов. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 88 стр.

Описываются способы переделки телевизоров устаревших моделей: «КВН-49», «Т-2 Ленинград», «Авангард», «Луч», «Экран», «Темп» и «Темп-2», «Рекорд», «Рекорд А», «Старт», «Заря», «Знамя», «Рубин» и «Рубин А».

Рассмотрена контрольно-измерительная аппаратура, необходимая для переделок, и даны сведения по настройке переделанных телевизоров.

Метузалем Е. В. и Рыманов Е. А. Телевизор «Рекорд», изд. 3-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1967 (Массовая радиобиблиотека), 176 стр.

Рассматриваются схемы и принципы работы телевизоров «Рекорд» шести различных моделей: «Рекорд», «Рекорд А», «Рекорд-Б», «Рекорд-6», «Рекорд-12» и «Рекорд-64». Даны рекомендации по обнаружению и устранению типовых неисправностей. Приводятся методы настройки.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей, но может быть использована и телезрителями для нахождения и устранения неисправностей в телевизоре «Рекорд».

Виноградов Л. Н. Мастер по ремонту телевизоров. Изд-во «Связь», 1968, 286 стр.

Изложены практические сведения, необходимые для овладения профессией радиомеханика и дальнейшего повышения производственной квалификации. Уделено много внимания рекомендациям по проверке и настройке телевизоров с помощью контрольно-измерительной аппаратуры и ремонту новых моделей телевизоров. Рассмотрен ремонт приемных телевизионных антенн, а также узлов и деталей телевизоров.

Даны сведения о стабилизаторах напряжения, автотрансформаторах, антенных усилителях и др.

Книга — пособие для подготовки радиомехаников по установке и ремонту телевизоров и для радиолюбителей.

Ельяшкевич С. А. Отыскание неисправностей и настройка телевизоров, изд. 2-е, переработ. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 272 стр.

Рассмотрены особенности схем современных телевизоров и способы отыскания в них неисправностей. Рассматривая в 10 главах книги отдельные блоки телевизоров, автор

говорит о возможных неисправностях, присущих каждому блоку, и способах их отыскания. Заключительная глава посвящена настройке телевизионных приемников.

Книга рассчитана на подготовленных радилюбителей, руководителей радио- и телевизионных кружков и мастеров по ремонту.

Козлов В. В. Показывает Москва — смотрит Владивосток. (Радиосвязь через ИСЗ «Молния-1»). Изд-во «Связь», 1968, 110 стр.

Популярный рассказ для широких кругов читателей о видах космической связи через спутник связи «Молния-1» и сверхдальнем телевидении. О ретрансляторе на космической орбите, об энергетике спутниковой связи, о земной аппаратуре, приемной станции сети «Орбита» и ближайших перспективах спутниковой связи.

Кузинец Л. М., Метузалем Е. В. и Рыманов Е. А. Приемная телевизионная техника. Справочник. Изд-во «Связь», 1968 (Библиотека «Телевизионный прием»), 736 стр.

В 17 главах справочника приведен материал по заводским телевизорам, приемным телевизионным антеннам, а также блокам, узлам, радиодеталям, электровакуумным и полупроводниковым приборам, применяемым в телевизорах. Рассмотрены принципы работы блоков, каскадов и участков схем телевизоров. Показаны методы проверки, измерения параметров и режимов телевизоров, а также методы их настройки и регулировки.

В отдельных главах справочника читатель найдет описание оборудования рабочих мест, приборов и стендов для ремонта телевизоров и порядка обслуживания телевизоров и приемных телевизионных антенн. Заключительные главы излагают материал о помехах телевизионному приему, неисправностях и ремонте телевизоров.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников, обслуживающих телевизионные предприятия, а также может служить пособием для радиолюбителей.

Кузинец Л. М. Узлы развертывающих устройств телевизоров. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека. Справочная серия), 48 стр.

Брошюра содержит справочный материал по узлам развертывающих устройств, серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

Приводятся сведения о конструкции и параметрах выходных трансформаторов строчной развертки, отклоняющих систем, фокусирующе-отклоняющих систем, выходных дросселей кадровой развертки, выходных трансформаторов кадровой развертки, импульсных трансформаторов и автотрансформаторов, блокинг-генераторов строчной развертки, регуляторов размеров и линейности по горизонтали, центрирующих устройств.

Описываются характерные неисправности узлов и даются рекомендации по их ремонту и замене.

Метузалем Е. В. и Рыманов Е. А. Телевизоры «Старт», изд. 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 126 стр.

Рассматриваются принципы работы и схемные особенности четырех моделей телевизоров «Старт» (от первой до четвертой). Наряду с общими рекомендациями по ремонту приводится методика нахождения и устранения характерных неисправностей.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и телезрителей, лично желающих устранять простейшие неисправности в своем «Старте».

Островский И. В., Ренард В. Б. Общесоюзный телевизионный центр. Изд-во «Знание», Серия «Радиоэлектроника и связь», 1968, 48 стр.

Описание телецентра Останкино. Подробно рассказано о радиотелевизионной передающей станции, ее назначении, основном радиотехническом оборудовании, конструкции самой высокой в мире радиотелевизионной башни.

Дана блок-схема многопрограммного Общесоюзного телевизионного центра и рассказано о его основном оборудовании, как готовятся и идут передачи.

Соловейчик А. И. Справочник телезрителя, изд. 2-е, доп. Изд-во «Связь», 1968, 80 стр.

Справочник отвечает на 98 вопросов телезрителя по разделам обслуживания и ремонта телевизоров в период гарантии, замены кинескопов, радиоламп и деталей, порядка обмена дефектных телевизоров на новые, обслуживания и ремонта телевизоров после окончания гарантийного срока, установки и ремонта телевизионных антенн, оплаты работ по установке и ремонту телевизоров и антенн.

Сотников С. К. Сверхдальний прием телевидения, изд. 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 88 стр.

Подробное описание телевизора с высокочувствительными приемниками изображения и звука, имеющими автоматические регулировки усиления и яркости и устойчивую синхронизацию. В схеме телевизора использованы 21 электронная лампа и кинескоп 35ЛК2Б. Рассматриваются способы борьбы с некоторыми видами помех.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и руководителей радиокружков.

Тарасов В. С. Новая жизнь телевизора. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 100 стр.

Починить телевизор не так уж трудно, как это кажется. Имея некоторые познания в радиотехнике, следуя советам этой книги, Вы можете справиться с устранением многих неисправностей. В книге приведены советы по продлению работоспособности и ремонту телевизоров, повышению качества приема телевизионных передач, увеличению числа принимаемых каналов, созданию возможности приема двухречевого вещания и многие другие.

Большой опыт автора, хороший язык, доходчивость изложения снискали этой книге большую популярность.

Шумихин Ю. А. Телевизионный сигнал. Изд-во «Энергия», 1968 (Массовая радиобиблиотека), 72 стр.

Рассмотрены свойства телевизионного сигнала, причины его искажений в цепях телевизионного приемника и способы устранения этих искажений.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

Айсберг Е., Дури Ж. «Цветное телевидение?... Это почти просто!», под ред. В. Ф. Самойлова. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 120 стр.

К написанию этой книги Е. Айсберг пригласил в соавторы специалиста в области цветного телевидения Жана Поля Дури, участовавшего в создании системы SECAM.

Техника цветного телевидения сложнее многих других отраслей радиоэлектроники, что побудило авторов отказаться от традиционного названия и написать «это почти просто!».

Несколько отличается также в новой книге изложение материала. Иногда авторы отходят от диалога двух друзей, излагая некоторые главы в виде лекции профессора или рассказа экскурсовода.

После изложения основ калориметрии и описания конструкций кинескопов разных типов авторы описывают три основные системы современного цветного телевидения.

Подробно рассматривается типовая схема телевизора системы SECAM и описывается процесс его настройки.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

Бартновский Г. А. Любительский телевизор с кинескопом 59ЛК2Б. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 32 стр. (большого формата).

Подробное описание конструкции телевизора, отмеченного серебряной медалью на XXII Всесоюзной радиовыставке.

Телевизор собран по схеме «Темп-6» из готовых плат и сравнительно недифицитных материалов и деталей.

В схеме используются 15 электронных ламп. Телевизор размещен на журнальном столике в ящике, укрепленном на поворотном устройстве. Блок питания вынесен под журнальный столик.

Клейман А. и Шор К. Транзисторы для телевизоров. Изд-во ДОСААФ, 1969, 72 стр.

Помимо создания телевизоров полностью на полупроводниковых приборах, можно использовать транзисторы также в отдельных каскадах ламповых моделей телевизоров. При

этом повышается надежность работы телевизора и уменьшается потребляемая от сети мощность.

В справочнике рассмотрены транзисторы для высокочастотного тракта, видеоусилителей, схем АРУ, каскадов ПЧ и НЧ, схем синхронизации, цепей развертки и блоков питания, а также диоды, используемые в схеме телевизора.

В заключение даны общие рекомендации по применению полупроводниковых приборов в телевизионных приемниках.

Пилтакян А. М. Блоки и узлы любительского телевизора. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 72 стр.

Описаны разные варианты схем транзисторных, ламповых и комбинированных узлов и блоков для радиолюбительских телевизоров, а также их налаживание и регулировка.

Рассмотрены схемы узлов приемников прямого усиления, супергетеродинных приемников, разверток, синхронизации и выпрямителей.

Книга рассчитана на радиолюбителей, имеющих опыт сборки и налаживания телевизоров.

Самойлов Г. П. Простейший ремонт телевизора (Как находить и заменять неисправные лампы), изд. 3-е, переработ. и доп. Изд-во «Связь», 1969 (Библиотека «Телевизионный и радиоприем, звукозапись»), 208 стр.

Книга дает возможность каждому владельцу телевизора, даже не обладающему техническими знаниями, научиться определять неисправные лампы, находить их в своем телевизоре и заменять новыми. Дано описание общих методов настройки, применимых к любому типу телевизоров, и представлены иллюстрации, показывающие возможные искажения изображения, вызванные неправильной настройкой или выходом из строя ламп.

Приведены рисунки расположения ламп на шасси каждого типа телевизора, выпущенного с 1956 по 1967 г. и указано, какая из его неисправных ламп может вызвать тот или иной вид искажения изображения или отсутствия звука. Приводятся также сведения об антеннах.

Сотников С. К. Переделка телевизоров, изд. 3-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия», 1969 (Массовая радиобиблиотека), 128 стр.

Описываются способы переделки телевизоров устаревших моделей; установка блоков ПТП-1 — ПТП-2, ПТП-56 и ПТК в телевизоры устаревших моделей; переделка пятиканальных переключателей для приема в 6—12 каналах; установка в старые модели телевизоров кинескопов с прямоугольным экраном и углом отклонения луча 70°; то же с углом отклонения луча 110°; усовершенствования в схемах развертки; увеличение размеров изображения на экране телевизоров с круглыми кинескопами. Все переделки опробованы автором.

Книга предназначена для подготовленных радиолюбителей.

Ельяшкевич С. А. Телевизоры (Справочные материалы). Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 228 стр.

Приведены сведения о моделях телевизоров выпуска 1957—1968 гг. (принципиальные схемы и описания, расположение деталей на печатных платах и шасси телевизоров, карты напряжений, осциллограммы, моточные данные). Рассказано о способах настройки и регулировки телевизоров и измерении их параметров.

Справочник рассчитан на широкие круги радиолюбителей и ремонтников.

Кулешов А. В. Малоламповый любительский телевизор. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Подробное описание восьмилампового телевизора, доступного для изготовления радиолюбителям и средней квалификации. Рассмотрены некоторые схемные варианты узлов телевизора.

Самойлов В. Ф. и Хромой Б. П. Системы цветного телевидения. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 72 стр.

Рассмотрены принципы действия цветного телевидения систем: PAL (ФРГ), NTSC (США) и франко-советской SECAM.

Книга рассчитана на подготовленных радиолюбителей и руководителей радио- и телевизионных кружков.

Сикс А. Починить телевизор? ... Нет ничего проще! Изд. 2-е, пер. с франц., под ред. А. Я. Брейтбарта. Изд-во «Энергия», 1970 (Массовая радиобиблиотека), 112 стр.

Подражая манере изложения Е. Айсберга, автор — специалист в этой области — излагает методы ремонта телевизоров. Подробно исследованы многие признаки неисправностей, позволяющие читателю самостоятельно разобраться в тех или иных дефектах и неисправностях телевизора.

Уделено много внимания описанию физических процессов, происходящих в телевизоре.

Сотников С. К. Узлы и блоки любительских цветных телевизоров. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 120 стр

Автор первым в Москве построил любительский цветной телевизор.

Рассказано об основных особенностях системы цветного телевидения SECAM. Дано описание блок-схемы и схемы отдельных узлов любительских цветных телевизоров. Приводится полная схема любительского цветного телевизора с трехлучевым кинескопом.

Книга предназначена для радиолюбителей-конструкторов.

Хахарев В. М. Тринископ. Изд-во «Энергия», 1971 (Массовая радиобиблиотека), 48 стр.

Описание разработанной автором — известным конструктором в промышленности — приставки к черно-белому телевизору для приема цветных передач.

Подкупает возможность обходиться с одним телевизором для приема цветных и черно-белых программ.

Самостоятельное изготовление приставки радиолюбителем-конструктором, кроме знакомства с техникой приема цветного телевидения, сулит и экономический эффект.



ЭКСКУРСИЯ В МИР РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ[1]

Сбылись ленинские предначертания

Пятьдесят один год прошел с тех пор, как В. И. Ленин написал вещие слова: «Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом».

На конверте письма стояло: «Нижний Новгород, Михаилу Александровичу Бонч-Бруевичу (от Ленина)».

Владимир Ильич обращался со словами благодарности и сочувствия к руководителю талантливого коллектива энтузиастов радиодела в тяжелую пору гражданской войны, разрухи и голода. Обращался после первых опытов радиотелефонирования из Нижнего Новгорода и успешного приема этих передач в Москве. Первая ламповая радиотелефонная станция была еще пробным макетом. Она работала на волне 2 500 *м* и её мощность не превышала двадцати ватт. Теперь такие малые мощности редко встретишь среди любительских коротковолновых передатчиков. К тому же многие радиоспециалисты относились к опытам М. А. Бонч-Бруевича скептически, видели в радиотелефоне тех-

[1] По разным источникам.

ническую забаву, а военные радисты считали радиотелефон вообще не пригодным для связи из-за невозможности (по их мнению) передавать зашифрованные сообщения.

Радиотелеграф существовал уже 25 лет. За ним было признание нового средства связи без проводов, уже сложившиеся традиции, подготовленные кадры. А радиотелефон еще делал свои первые, робкие шаги. Великий Ленин увидел в первых опытах радиотелефонирования будущее радиовещания, возможности общения масс трудящихся, митинг с миллионной аудиторией. Он сразу оценил значение радио для советской страны, для партии, для политического и культурного просвещения народа. В первых опытах радиотелефонирования из Нижегородской радиолаборатории В. И. Ленин увидел будущее великого дела.

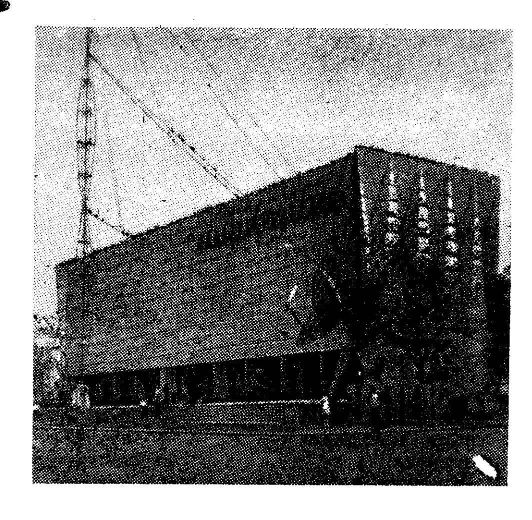


Рис. 1. Павильон «Радиоэлектроника» на Выставке достижений народного хозяйства.

Прошло полвека с тех пор, как В. И. Ленин написал свое знаменитое письмо. Советский народ претворил в жизнь заветы Владимира Ильича.

Теперь нет ни одной точки на бескрайних просторах Советской земли, где бы не могли принять первой программы Всесоюзного радио или позывных нашего круглосуточного «Маяка» на длинных, средних или коротких волнах, а в двухстах крупных городов страны еще и на ультракоротких волнах с частотной модуляцией.

В СССР работает теперь более 500 радиовещательных станций. Среди них ряд сверхмощных. «Еще в первые дни войны, — рассказывает академик А. Л. Минц, — мы начали строить на Волге средневолновую сверхмощную радиостанцию. Июль 1941 года ... Нетрудно представить, в каких условиях шло её проектирование и строительство. Почти все оборудование и проектная документация находились в Ленинграде. Переправляли их на баржах. В результате бомбежки 90 процентов этого оборудования погибло. Но станция начала работать через год после того, как вырыли первый котлован. И до сих пор нигде на планете не построена радиостанция более мощная, чем наша» [1].

Заметим, что Советский Союз держит пальму первенства по мощности своих радиостанций уже более 40 лет, начиная с постройки стокиловаттной радиостанции ВЦСПС, а затем пятисоткиловаттной имени Коминтерна.

У советских людей насчитывается 48 млн. радиоприёмников и радиол и 43 500 000 радиотрансляционных точек, подключенных к 36 тысячам узлов проводного вещания. Свыше девяноста миллионов радиоприёмных, громкоговорящих аппаратов [2], не считая телевизоров, обслуживают радиовещанием 241 миллион советских людей. Даже если в некоторых семьях наряду с радиоприемником есть и радиотрансляционная точка и соотношение приёмных точек к количеству радиослушателей равно 1 : 3, можно, очевидно, говорить, что наша страна находится на рубеже сплошной радиофикации. Митинг с многомиллионной аудиторией, о котором говорил В. И. Ленин, стал теперь всесоюзным и всенародным. Голос Московского радио слышен по всей стране, каждая семья имеет радиоприемный аппарат, с каждым со-

[1] «Советское радио и телевидение» № 4, 1970.
[2] Данные к началу 1970 г.

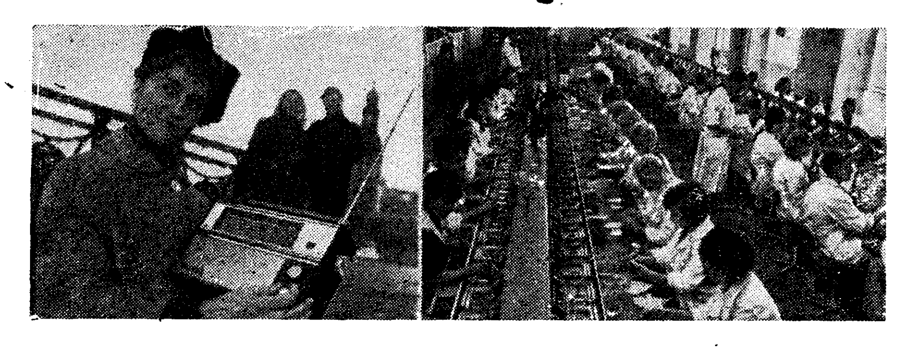


Рис. 2. На заводе ВЭФ: справа — в одном из радиоцехов; слева — «ВЭФ-12».

ветским человеком он может говорить и на его родном языке: внутреннее радиовещание ведется на 61 языке народов СССР.

Говоря о радиовещании, нельзя забывать о самой старшей отрасли радиоэлектроники — радиосвязи.

Советский Союз теперь имеет свыше 50 международных радиотелеграфных линий связи. Со многими государствами Азии, Африки и Америки радиосвязь стала преимущественным видом общения. Международные радиотелеграфные линии работают в основном на стартстопной буквопечатающей телеграфной аппаратуре с применением помехоустойчивой частоты манипуляции. На радиосвязях с Индией, Норвегией, ОАР, США, Францией, Швецией и Японией и др. странами применяется двухканальное частотное телеграфирование (ДЧТ) [1].

Для повышения устойчивости работы на многих международных радиотелеграфных линиях применяется аппаратура с автоматическим исправлением ошибок.

Наряду с радиотелеграфными работает значительное количество радиотелефонных магистралей. Переговоры из Москвы ведутся радиотелефоном с Гаваной, Улан-Батором, Ханоем, Буэнос-Айресом, Дели, Кабулом, Каиром, Карачи, Нью-Йорком, Тегераном, Токио и другими столицами.

Многочисленные передатчики средней и малой мощности и приёмные устройства для внутриобластной и внутрирайонной радиосвязи находятся в ведении Министерства связи. Оно обладает значительным количеством хорошо оборудованных современных радиоцентров, обеспечивающих государственные радиосвязи общего пользования.

Десятки тысяч радиостанций используются на ведомственных радиосвязях, на железнодорожном, морском, речном и воздушном транспорте, в сельском хозяйстве, рыбной, лесной промышленности и в строительных организациях.

С развитием транзисторной техники «второе рождение» получила низовая радиосвязь. Радиопромышленностью разработана и выпускается серия портативных транзисторных радиостанций. Для связи на небольшие расстояния (до 1—2 *км*) применяются УКВ радиостанции мощностью от 0,1 до 1 *вт*. Диспетчерская связь с подвижными объектами на расстоянии до 25—30 *км* осуществляется с помощью 1—3-канальных УКВ радиостанций, работающих с частотной модуляцией. Их используют на автомашинах «Ско-

---

[1] Разработанная советским инженером И. Ф. Агаповым в 1947 г. система ДЧТ позволяет, используя одни и те же основные технические средства — передатчики, приемники и антенны, осуществлять передачу сообщений одновременно по двум каналам. При этом в каждом канале системы ДЧТ может работать многократная телеграфная аппаратура, т. е. через один радиопередатчик одновременно передается до восьми отдельных сообщений.

В 50-х годах все магистральные и важнейшие внутриобластные радиосвязи СССР были оборудованы аппаратурой ДЧТ.

рой помощи», в такси и на сельскохозяйственных машинах. Для геологов, работников лесной промышленности и других отраслей народного хозяйства выпускается переносная радиостанция «Карат» весом 3,5 *кг*, дальность её действия 30—50 *км*. Выпущена новая транзисторная радиостанция с весом 800 *г* «Тюльпан». Этот портативный радиотелефон с радиусом действия до 2,5 *км* окажет большую помощь в организации двусторонней связи на промышленных объектах, в сельском хозяйстве и в рыболовном флоте.

Для организации связи в крупных учреждениях, предприятиях, клиниках, где необходимо быстро отыскать и вызвать отдельных сотрудников, создана система переносного вызова. Стационарный радиотелефонный приемо-передатчик и пульт находятся на столе руководителя предприятия или секретаря. На пульте имеются клавиши с номерами — позывными работников, с которыми чаще всего беседует руководитель. Сотрудники учреждения носят карманные транзисторные приемники, звучащие при нажатии клавиши с пульта. Вызванный имеет кнопку «приём» и слушает сообщение. Если сотрудник отсутствует, его приемник остается в проходной и при вызове на пульте вспыхивает ответный сигнал «Отсутствует».

В 1967 г. начат серийный выпуск новой системы подвижной радиосвязи «Алтай». Это единая централизованная система дуплексной радиотелефонной связи различных ведомств и служб с абонентами подвижных объектов в городах и на транспортных магистралях. Центральная радиостанция «Алтай» имеет 8 частотных каналов. Восемь передатчиков с ЧМ и один восьмиканальный приемник обслуживают до 500—800 подвижных станций в радиусе до 25—40 *км*. Центральная радиостанция подключается к городской АТС. Теперь из «Скорой помощи», автомобилей аварийных и ремонтных служб легко соединиться с любым учреждением, имеющим обычный городской телефон. В автомобиле радиостанция размещается в багажнике. На приборном щитке машины устанавливается только пульт управления станции, микрофонная трубка и клавишный номеронабиратель. Штыревая антенна закрепляется на кузове машины.

Радиостанции «Алтай» могут применяться не только для служебных переговоров. Установленные в такси, пригородных поездах, они могут служить пассажирам в качестве телефона-автомата.

В Москве оборудование центральной станции системы «Алтай» располагалось на 30-м этаже высотного здания на Котельнической набережной. Теперь такая же система разместилась в радиотелевизионной башне Общесоюзного телецентра. Она позволит обеспечить связью движущиеся объекты, удаленные от неё до 60 *км*. Хорошее качество передачи даст возможность корреспондентам и комментаторам радиовещания использовать станции для передачи репортажей с места события непосредственно в радиостудии.

УСПЕХИ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Передающая телевизионная сеть нашей страны состоит более чем из тысячи телевизионных станций и ретрансляторов. Работает 126 программных телецентров. Телевидение охватывает территорию, на которой проживает 155 млн. человек. Население СССР имеет около 40 млн. телевизоров.

Закончено строительство крупнейшего в мире Общесоюзного телевизионного центра (ОТЦ) в Останкино с уникальной радиотелевизионной передающей станцией, башня которой стала новым символом советского радио. Он занимает более миллиона кубических метров площади. В нем почти три тысячи различных помещений. ОТЦ рассчитан на шесть программ, имеет 33 студии различных размеров и назначения (из них две площадью по 1 000 $м^2$ и семь — 600 $м^2$). В составе ОТЦ запроектирована техническая и постановочная база для производства телефильмов путем киносъемок и видеомагнитных записей. Запроектированный объект киносъёмок превышает производство кинофильмов на всех киностудиях страны. Таким образом, в одном здании ОТЦ размещаются собственно телецентр и фабрика телефильмов. Для видеозаписи телевизионных программ разработаны новые видео-

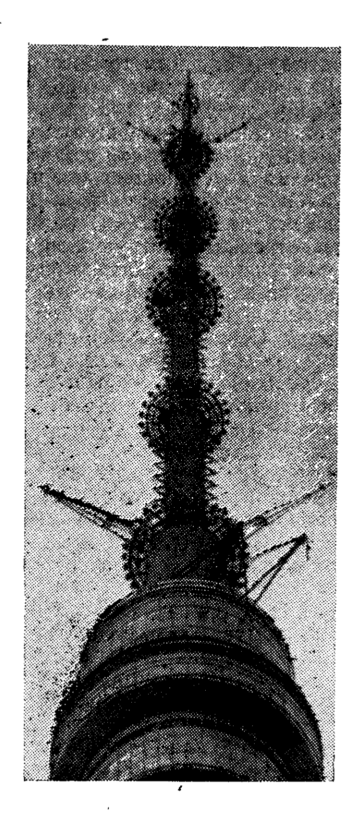


Рис. 3. Верхняя часть Останкинской радиотелевизионной башни: 150-метровая стальная антенна и часть ресторана «Седьмое небо».

магнитофоны «Кадр-3» и «Электрон-2», позволяющие записывать программы черно-белого и цветного телевидения.

Центральные технологические службы телевидения включают в себя центральную аппаратную, семь аппаратно-программных блоков, аппаратную программного диспетчера, блок переводов, блоки технического контроля, координационный пункт междугородного и международного телевизионного обмена, блок видеозаписи.

Для всего этого комплекса разработано новейшее оборудование. Для студий создана новейшая система освещения. Обилие всевозможных юпитеров, электроприборов, подъёмников, моторов и 35 лифтов поглощают до 1,2 млн. *квт·ч* электроэнергии в месяц. Но здесь не жарко: комбинат холода, вырабатывая в час до 500 тыс. $м^3$ кондиционированного воздуха, поддерживает во всех помещениях температуру +20° С.

Внутри здания имеется транспортный коридор, по которому автотранспорт может въезжать непосредственно в студии западной части здания или подниматься с первого этажа восточной части на второй или третий этажи с помощью выжимного лифта грузоподъёмностью 5 *Т*. Между студиями и коридором, по которому грузовики развозят реквизит, сделаны 11-тонные акустические двери, засыпанные внутри прожаренным песком. Сами студии и помещения звукозаписи для лучшей акустической изоляции выложены различными пористыми и перфорированными плитами и алюминиевыми листами со звукопоглощающей подкладкой. В свою очередь они сочетаются с сухой штукатуркой, пластиком, ковровыми и специальными покрытиями, обеспечивая необходимые акустические характеристики студий.

В ОТЦ для изготовления элементов сценического оформления предусмотрены мастерские: столярно-плотницкая, столярно-сборочная, декоративно-драпировочная, пошивочная, обувная, прессовки деталей из пластмасс, бутафории и реквизита, для изготовления париков; есть несколько живописно-декорационных залов, ряд складов и декорационных коллекторов.

В столовых, трех кафе и баре одновременно могут сесть за столы около тысячи человек.

Таков наш флагман большого телевидения, один из наиболее оснащенных современных телецентров мира, построенный в восьмой пятилетке.

В этом пятилетии начались регулярные передачи цветного телевидения по совместной советско-французской системе SECAM; теперь эти передачи осуществляются почти во всех столицах союзных республик и в крупнейших городах РСФСР.

В очень быстрый срок в канун 50-летия Октября создана сверхдальняя радиотелевизионная сеть приемных станций «Орбита» — комплекс наземных станций для приема телевизионных программ, передаваемых через искусственные спутники Земли (ИСЗ) «Молния-1».

Находясь на высоте нескольких сотен или тысяч километров, ИСЗ может быть виден одновременно из многих пунктов земного шара, расстояние между

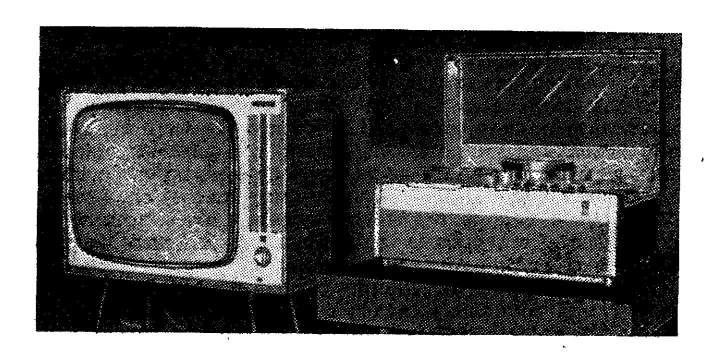


Рис. 4. Видеомагнитофон «Электрон-2».

которыми составляет несколько тысяч километров. Принимая радиосигналы из одного пункта и транслируя их в другой, ИСЗ дает возможность осуществить радиотелефонную и телевизионную связь. Казалось бы, это простая задача. Но в первую очередь надо было наиболее целесообразно решить вопрос об орбите спутника. Если запустить спутник на круговую орбиту, лежащую на высоте 36 000 *км* над экватором Земли, то период его обращения будет тот же, что и у Земли, и спутник будет висеть неподвижно в небе над определенной точкой Земли. Такое положение спутника кажется очень заманчивым. Но один такой спутник, называемый стационарным, может полностью обслужить континенты, расположенные по обе стороны экватора и вытянутые в меридиональном направлении (Африка, Южная Америка). Оказалось, что ИСЗ, используемым для связи в нашей стране, более подходит высокая эллиптическая орбита, при которой трансляция осуществляется с запада на восток и обратно.

При эллиптической орбите с высотой апогея около 40 тыс. *км* и высотой перигея 500 *км* можно обслужить обширную территорию, имея при том большую длительность непрерывной передачи (около 7 *ч*).

Спутник связи «Молния-1» за сутки совершает два оборота вокруг Земли и может вести передачи в течение 7 *ч* на каждом из витков. Во время первого витка осуществляется связь между любыми пунктами СССР и многими странами Европы и Азии. Во время второго витка он может обеспечить

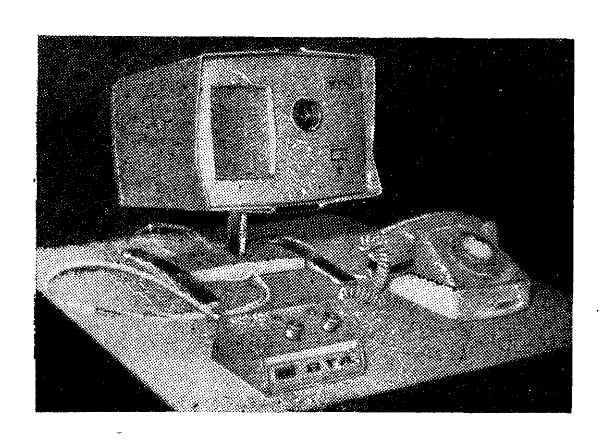


Рис. 5. Видеотелефон ВТА.

связь между европейской частью СССР, Центральной и Северной Америкой. Ретранслятор ИСЗ «Молния-1» дает возможность передавать программы черно-белого и цветного телевидения или многоканальную телефонию. Мощность передатчика ретранслятора при непрерывном режиме работы 40 *вт*.

Высокая эллиптическая орбита ИСЗ «Молния-1» и его ретрансляционное оборудование позволяют при наличии на орбите двух спутников, синхронизированных между собой по времени, обеспечить круглосуточную связь на всей территории СССР. Срок службы спутника — один год. Питание передатчика и другой аппаратуры осуществляется от солнечных батарей.

Диапазоны волн, отведенные для передачи с Земли на спутники и обратно, лежат в области сантиметровых волн.

Сеть «Орбита» построена по принципу: одна станция передает — остальные принимают, т. е. земная передающая станция излучает сигнал, направленный на спутник связи, который принимает его, усиливает и ретранслирует на приемные станции, откуда принятые сигналы передаются на местный телецентр. Передача сигналов в сети «Орбита» ведется в режиме частотной модуляции.

Передающая подмосковная станция имеет мощность несколько киловатт и большую антенну с параболическим зеркалом. Приемная земная станция «Орбита» располагается в круглом железобетонном здании, которое одновременно служит основанием для антенной системы с параболическим отражателем диаметром 12 *м*. Антенна станции следит за движением по орбите спутника связи при помощи приводных механизмов, обеспечивая непрерывное сопровождение спутника «Молния-1» без потери связи. Эта чашеобразная антенна станции «Орбита» весит 60 *т* и занимает семь вагонов. «Орбита» — замечательное достижение науки и техники. Она дает возможность вести



Рис. 6. Приемная станция «Орбита» близ Южно-Сахалинска.

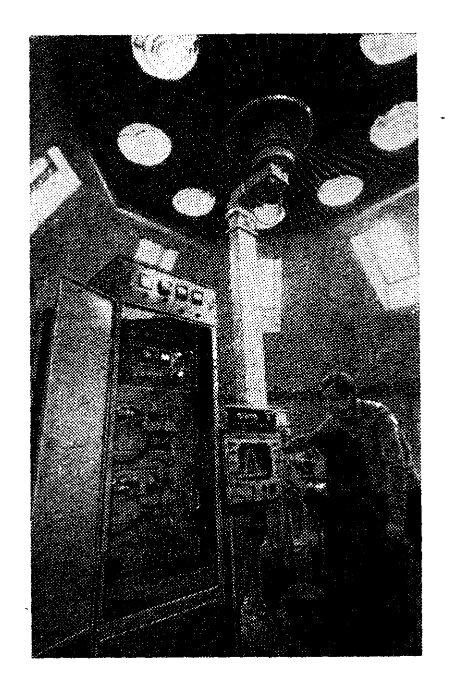


Рис. 7. В аппаратном зале Новосибирской станции «Орбита»; начальник станции В. Голиков и инженер Н. Арутюнова настраивают аппаратуру.

прием телевидения в 35 городах Средней Азии, Сибири, Дальнего Востока, Крайнего Севера, Камчатки и Чукотки. «Орбита» — юбилейный подарок 25 миллионам жителей отдаленных районов нашей Родины, получивших возможность принимать Центральное телевидение, видеть Москву.

За приемную телевизионную систему «Орбита» тов. Талызину Н. В., Фортушенко А. Д., Кантору Л. Я., Цейтлину М. З., Капланову М. Р., Милютину Д. Д., Поперечeнко Б. А., Соколову И. Ф., Ярошенко А. М., Луганскому А. С., Усанову А. П., Шапиро А. З. присуждена Государственная премия.

Здесь уместно напомнить еще об одной космической системе, в которой радиоэлектроника выступает в содружестве с метеорологией. Речь идет о метеорологической космической системе, обеспечивающей с помощью искусственных спутников Земли «Метеор» получение и оперативную обработку глобальной метеорологической информации для нужд народного хозяйства. Летающие метеостанции дают информацию о состоянии атмосферы в различных точках нашей планеты. Огромный поток сведений, поступающих с орбиты спутников, принимает и быстро обрабатывает мощный наземный комплекс.

Космическая система «Метеор» существенно дополняет обычные метеорологические сводки и значительно повышает точность метеопрогнозов. Группе ученых, конструкторов и работников промышленности за создание этой системы присуждена Ленинская премия 1970 г.

ЧЕТЫРНАДЦАТЬ МИЛЛИОНОВ РАДИОПРИЕМНИКОВ И ТЕЛЕВИЗОРОВ В ГОД

С ростом благосостояния людей растут их духовные запросы, и соответственно все большее количество радиоприёмников и телевизоров выпускается в стране. Мы подошли к цифре 14 миллионов — столько радиоприёмников, радиол и телевизоров было выпущено в 1969 г. (6 595 тыс. телевизоров и 7 266 тыс. радиоприёмников и радиол).

Радиоаппаратуры стало не только значительно больше. За последние годы многое сделано для того, чтобы повысить качество, надежность, экономичность «бытовой радиоэлектроники», сделать ее более элегантной.

Работы в области радиовещательной аппаратуры ведутся в нескольких направлениях. Это, прежде всего, переход к серийному производству сетевых приёмников и радиол на транзисторах. Одновременно максимально унифицируются схемные и конструктивные решения. Разрабатываются и выпускаются приёмники высшего и первого классов, дающие возможность приёма стереофонического вещания и воспроизведения стереофонических записей. Созданы первые модели блочных систем. Эти радиокомплексы позволят составлять из типовых блоков комплект радиоприёмной, телевизионной и звукоусилительной аппаратуры соответственно потребностям и желаниям любой семьи.

У транзисторных радиоприёмников расширяются возможности приёма за счёт введения УКВ диапазона, повышаются технические характеристики, улучшается внешний вид, оформление.

Появился всеволновый транзисторный приёмник I класса «Нептун» («Рига-103»)[1], приёмники II класса «ВЭФ-201», «Океан», «Мезон-211».

«Океан» — переносный восьмидиапазонный радиоприёмник на 17 транзисторах и 10 полупроводниковых диодах; так же как «Нептун», он принимает радиовещательные станции, работающие в диапазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ, имея две встроенные антенны: магнитную и телескопическую. К приёмнику можно подключить наружную антенну, магнитофон и внешний громкоговоритель или телефон. Источником питания служат шесть элементов типа «373» общим напряжением 9 *в*. Выходная мощность приёмника 0,5 *вт*, вес 4,4 *кг*.

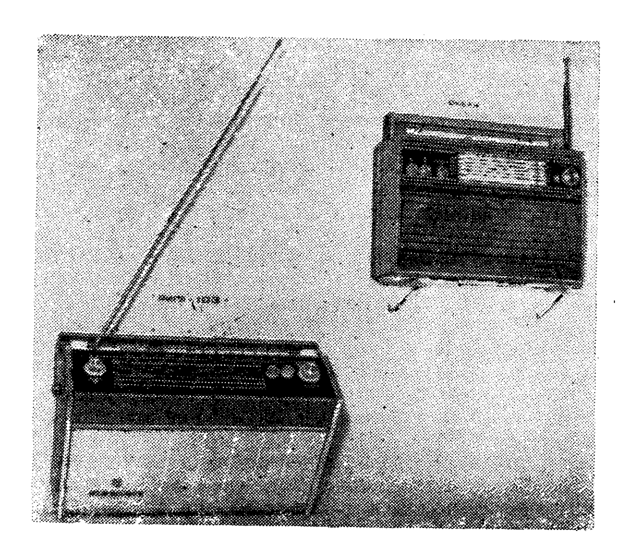


Рис. 9. Радиоприемники «Рига-103» и «Океан».

Расширились возможности приёмников III класса, более привлекательным стал их внешний вид. Одна из новых моделей этого класса — малогабаритный приёмник «Сокол-6» предназначен для приёма радиовещательных станций в дипазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ. В его схеме 11 транзисторов

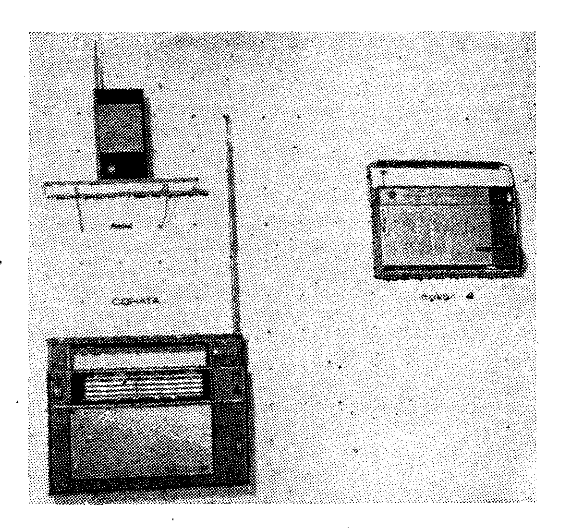


Рис. 10. Радиоприемники «Луч», «Соната», «Сокол-4».

[1] По введенному в 1970 г. отраслевому стандарту торговые наименования радиоприемников, телевизоров и комбинированных радиоустройств будут состоять из буквенного обозначения и трех цифр: первая соответствует классу аппарата, а две других модификации.

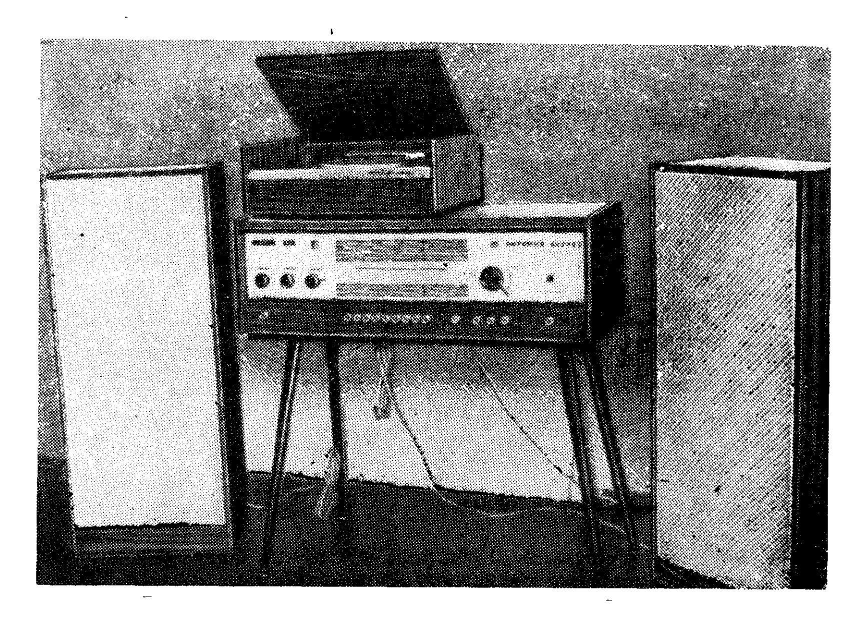


Рис. 11. Стереофоническая радиола «Эстония-стерео».

и 8 полупроводниковых диодов. При подключении к нему малогабаритного телефона громкоговоритель приёмника автоматически отключается. Источником питания служат 4 элемента типа «343».

Для приёма радиовещательных станций в УКВ диапазоне начал выпускаться оригинально оформленный приёмник «Луч», весом всего 250 *г*, питание которого осуществляется от батареи типа «Крона ВЦ».

Даже миниатюрный приёмник «Микрон», который весит всего 41 *г*, работает в двух диапазонах: длинных и средних волн.

На активных интегральных схемах построена новая модель переносного радиоприёмника IV класса «Селга-402». Расширяется выпуск стереофонических радиол. Среди них и улучшенные, модернизированные модели хорошо зарекомендовавших себя радиол «Симфония-2» и «Ригонда-2» и новые модели: «Эстония-стерео», «Виктория», «Рига-102».

Радиола высшего класса со сквозным стереотрактом «Эстония-стерео» принимает радиовещательные станции, работающие в диапазонах ДВ, СВ, КВ и УКВ, стереофонические радиопрограммы в диапазоне УКВ, а также предназначена для проигрывания монофонических и стереофонических грампластинок. В её радиоприёмнике 17 электронных ламп. Акустическая система состоит из двух звуковых колонок, в каждой из которых размещаются три громкоговорителя и фильтр разделения частот. Выходная мощность одной звуковой колонки 4 *ва*. Со вкусом оформленная, имеющая строгий и элегантный вид «Эстония-стерео» хорошо вписывается в современный интерьер.

Высокие технические характеристики имеет полупроводниковая стереофоническая радиола I класса «Рига-101».

Поиски в области высококачественного воспроизведения звука привели к созданию монофонической радиолы «Иоланта» с реверберацией (устройством, создающим эффект эха). Новое оформление выгодно отличает радиолу I класса «Урал-110» от прежних моделей.

Отрадные изменения произошли в последние два-три года в выпуске магнитофонов. Наряду с улучшенными моделями ламповых магнитофонов «Яуза-6», «Комета-209», «Дайна» появились транзисторные: «Весна-3», «Ро-

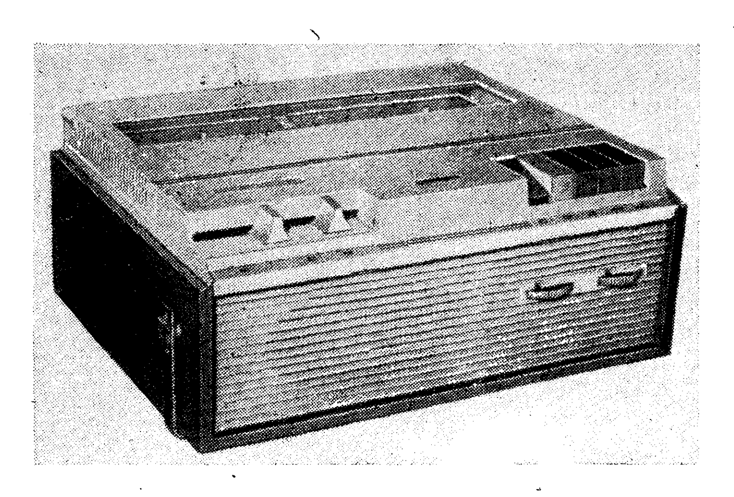


Рис. 12. Магнитофон «Дайна».

мантик-3», «Десна» (кассетный), «Электрон», «Тембр-2». Появилось несколько моделей диктофонов: «Дон», «Электрон» (модель 52Д) и «Вильма-2Д».

Немало новинок и в телевизионных салонах наших магазинов.

Серийное производство унифицированных телевизоров, которые поступили в продажу в 1965 г., ознаменовало собой весьма значительный прогресс в развитии отечественной приёмной телевизионной техники. В этих телевизорах применены новые радиолампы с улучшенными параметрами, более совершенные комплектующие узлы, уменьшился вес. А с 1967 г. начался серийный выпуск телевизоров, имеющих размер экрана по диагонали 65 *см*, и цветных телевизоров.

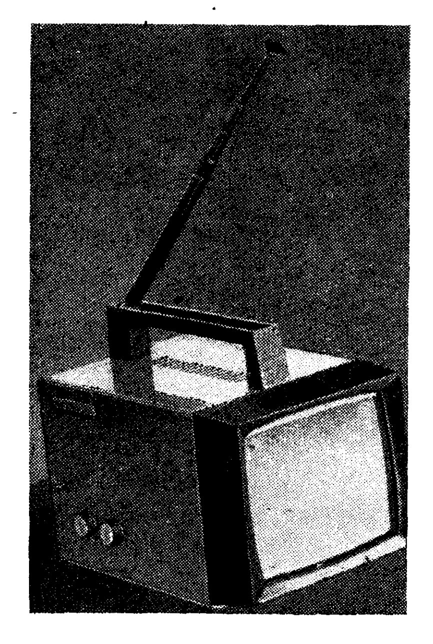


Рис. 13. Портативный телевизор «Электроника ВЛ-100». Собран полностью на полупроводниковых приборах. Питание от аккумуляторов и от электросети. Размер экрана 16 *см* по диагонали, вес 3 *кг*.

В 1966 г. появились первые лампово-полупроводниковые телевизоры, затем первый полупроводниковый телевизор на лампе 23ЛК9Б. Использование транзисторов вместо ламп повысило надежность аппаратуры, уменьшило её габариты, вес и величину потребляемой мощности.

В соответствии с принятой классификацией теперь будут выпускаться телевизоры I класса на кинескопах с диагональю экрана 65 *см*, II класса — 59 *см* и III класса — 47 *см*. Телевизоры на 35-сантиметровых кинескопах в течение ближайших лет будут сняты с производства.

Чем же отличаются модели телевизоров?

Телевизионный приёмник I класса «Горизонт-10», предназначенный для приёма телевизионных программ в диапазоне метровых и дециметровых волн, разработан на базе телевизора I класса «Рубин-111». В нём повышена надежность и улучшено внешнее оформление.

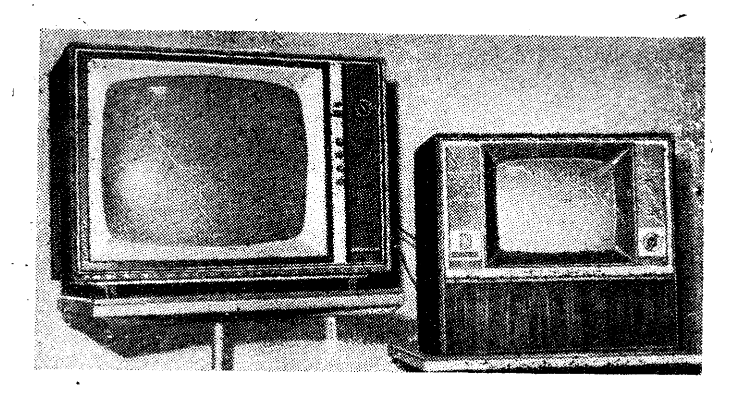


Рис. 14. Цветные телевизоры «Рубин-401» и «Рекорд-102».

Унифицированные телевизоры II класса — уже известные «Горизонт», «Таурас», «Славутич», «Каскад» и новые «Рубин-106», «Крым», «Изумруд-2» — выполнены по одной схеме, имеют одинаковые технические характеристики, но различны по конструкторскому решению и внешнему оформлению.

Появилась новая модель телевизора III класса — наиболее массового телевизионного приёмника — «Оксамит» («Весна-301»).

К первой унифицированной модели на кинескопе 59ЛК2Б «Электрон-2» добавились «Чайка-6» и «Зорька-3» (УЛПТ-59-II-3) [1]. На кинескопе 47ЛК2Б выпускаются унифицированные лампово-полупроводниковые телевизоры «Полет», «Зорька-2», «Огонек-2», «Садко».

Большой популярностью пользуются не унифицированные телевизоры типа «Темп». Новые модели — «Темп-8» на кинескопе 65ЛК2Б и «Темп-9» на кинескопах 61ЛК2Б и 59ЛК2Б — отличаются высокими техническими параметрами и красивой внешней отделкой.

Полностью полупроводниковый телевизор в 1969 г. был «Юность-2» с кинескопом 23ЛК9Б. Новый полупроводниковый портативный телевизор «Электроника ВЛ-100» был создан к столетию со дня рождения В. И. Ленина. Размер его экрана по диагонали 16 *см*. Питание от аккумулятора и от электросети, вес 3 *кг*.

К 7 ноября 1967 г. была выпущена первая партия цветных телевизоров. Теперь выпускаются цветные телевизоры «Радуга-5», «Рубин-401» на кинескопе 59ЛКЦ и «Рекорд-102» с кинескопом 40ЛК3Ц.

Этот далеко не полный обзор показывает, насколько разнообразна современная приёмная радиовещательная и телевизионная аппаратура. «Газету без бумаги и расстояний» теперь не только слышат, но и видят миллионы советских людей.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Человек 60—70-х годов XX века много видел и многое знает. Он свидетель многих свершений, восхитивших мир, и уже не удивляется, столкнувшись с «чудом XX века» — электронными вычислительными машинами (ЭВМ).

Эти машины стали привычными, широко используются в самых различных отраслях науки, техники и народного хозяйства. Они чрезвычайно

[1] Обозначение УЛПТ-59-II-3 по отраслевому стандарту означает: унифицированный лампово-полупроводниковый телевизор, размер экрана по диагонали 59 *см*, II класса, 3-я модель.



Рис. 15. Павильон «Вычислительная техника» на Выставке достижений народного хозяйства.

важны для общества. Внедрение ЭВМ даёт огромный экономический эффект, резко повышает производительность труда.

ЭВМ позволяют наиболее эффективно решать сложные задачи управления в новых условиях, соответствующих современному уровню научно-технического прогресса.

За небольшой промежуток времени появились три поколения ЭВМ. Одним из важных признаков смены поколений служит изменение технической базы, на основе которой создаются ЭВМ. Исходя из этого признака, мы называем машинами первого поколения — основанные на применении электровакуумных приборов, второго поколения — созданные на транзисторах и третьего поколения — строящиеся на интегральных схемах. Переход от радиоламп к транзисторам, а от последних к интегральным схемам сопровождался значительным уменьшением веса и габаритов ЭВМ, повышением их быстродействия и надежности.

В ЭВМ третьего поколения изменились методы организации работы машины, процесс взаимодействия ее элементов. Еще во втором поколении ЭВМ работа отдельных частей машины строилась последовательно. При вводе в машину новых или выводе полученных данных само вычислительное устройство прекращало работу, «электронный мозг» простаивал. В машинах третьего поколения разные устройства работают параллельно. Более того, разработаны методы мультипрограммирования — одновременного совмещенного решения нескольких задач.

Пример ЭВМ третьего поколения — малая универсальная электронная цифровая вычислительная машина «Наири-3». По размерам она не превышает письменного стола. Она выполнена на твердых схемах и предназначена для решения широкого круга математических задач, возникающих при экономических, инженерных расчетах и научных исследованиях. Система управления включает 120 тысяч микрокоманд. «Наири-3» может одновременно принимать 64 задачи, которые решаются по четыре сразу.

В новом поколении ЭВМ усовершенствована также система общения с человеком. «Проминь» — первая из серии малых ЭВМ, в которой решается эта важнейшая проблема. В машине используются металлизированные специальные карты, которые задают ей программу. Для вычисления по сложной формуле можно заранее заготовить такие карты и, не вводя программу обычным методом с помощью перфоленты или перфокарты, просто вложить соответствующий набор металлизированных карт в машину и сразу настроить её на решение задачи.

В ЭВМ «Мир-1» и «Мир-2» сделан дальнейший шаг вперед по пути усовершенствования методов общения человека с машиной. Задания в ЭВМ «Мир-2» можно вводить не только с помощью закодированной на перфоленте программы и с магнитных карт, но просто с помощью пишущей машинки, на которой напечатаны непосредственно математические выражения и указания и какие следует произвести с ними операции. Машине можно дать команду: «проинтегрируй», «вычисли», «замени» и т. д. Решение же по желанию оператора и в соответствии с выданным им машине поручением может быть получено или на специальном экране,

или автоматически самой машиной отпечатано на пишущей машинке. На том же экране ЭВМ может высветить графики функцией, заданных машине для проведения тех или иных операций или полученных ею в ходе вычислений.

Заданная машине программа также высвечивается на экране. При необходимости внести в неё какие-либо изменения эта изменяемая часть её может быть вычеркнута — стерта с экрана при помощи «светового карандаша». Поправка же, отпечатанная оператором на пишущей машинке, встанет на место, высвобожденное «световым карандашом» в тексте задания.

Более того, на экране высвечиваются промежуточные операции, проделываемые машиной. Оператор может, таким образом, постоянно быть в контакте с работающей машиной, вносить какие-то изменения в программу по ходу дела, в зависимости от промежуточных результатов.

Подобные усовершенствования по-новому организуют взаимодействие человека и машины, открывают новые возможности в использовании ЭВМ. Ведь потенциально ЭВМ — отнюдь не только вычислители. Они могут быть помощниками человека во многих видах интеллектуального труда.

Уже есть примеры применения ЭВМ в системах автоматизации проектирования, рассчитанных на замену инженерного труда при конструировании. Применение ЭВМ «М-222» автоматизирует разработку функциональных схем, размещение элементов конструкции, разработку печатного многослойного монтажа. ЭВМ «рассматривает» большое количество вариантов и выбирает из них оптимальный. Трудоёмкость проектирования сокращается в 7—10 раз.

Система, основанная на ЭВМ «БЭСМ-6», автоматизирует проектирование электронных вычислительных машин и автоматическое изготовление многослойных печатных плат.

Опыт использования ЭВМ показывает, какие неисчерпаемые возможности таят в себе эти машины. Совершенствование языка и систем общения с машиной расширяют «профессию» ЭВМ, творческие контакты её с человеком, делают её незаменимым помощником человека в разнообразных сферах его деятельности.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА НА СЛУЖБЕ ЗДОРОВЬЯ

Есть еще одна область радиоэлектроники, которая прямо и непосредственно связана с потребностями человека, помогая сохранить самый ценный наш капитал — самого человека, его здоровье. Это медицинская радиоэлектроника.

С первых лет советской власти забота о здоровье людей стала одной из важнейших задач молодого советского государства. Но даже самый безудержный фантазер не мог представить себе тогда, как изменит радиоэлектроника лицо медицины. Теперь нельзя представить себе современную медицину без радиоэлектроники. Она позволяет точно измерять параметры, характеризующие жизнедеятельность организма, стимулировать отдельные органы и системы при нарушении их нормальной деятельности, расширяет возможности диагностики и лечения многих заболеваний. Радиоэлектронные приборы контролируют состояние тяжелобольного, возобновляют действие остановившегося сердца, анализируют и регистрируют характер выполнения органами человека их функций. Это электро- и электрокардиостимуляторы «Тревога», «Ампимпульс-3Т»; лабораторный электростимулятор на транзисторах «ЭЛС-2»; электротонизатор ЭТМ-1; ультразвуковые диагностические приборы «Фазокард», «Эхоскоп-8», «Перелом»; радиорефлексометр «Центр-2» для исследования высшей нервной деятельности человека; универсальный прибор для функционального исследования легких и сердечно-сосудистой системы «Ксенон» и т. д.

Радиотелеметрическая система «Комплекс» предназначена для диагностики заболеваний, исследований физиологических процессов в желудочно-кишечном тракте. В отличие от ранее созданной системы «Капсула», пред-

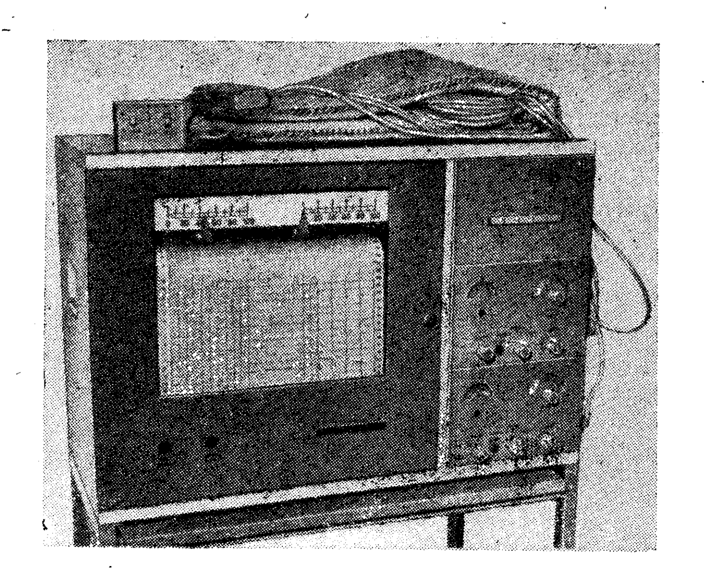


Рис. 16. Радиотелеметрическая система «Комплекс» для диагностики заболеваний и исследований желудочно-кишечного тракта человека и животных. Вверху на аппарате — радиокапсулы-передатчики (радиопилюли).

назначенной для аналогичных целей, «Комплекс» обеспечивает получение и регистрацию радиотелеметрической информации одновременно о двух параметрах из одной точки пищеварительного тракта, дает возможность установить качественную и количественную взаимосвязь между двумя физиологическими параметрами, значительно расширяя объём получаемой информации. Радиокапсулы, применяемые в системе, представляют собой микроминиатюрные радиопередатчики. Антенна для приёма сигналов от радиокапсул выполнена в виде пояса, надеваемого на брюшную полость пациента.

Радиоэлектроника получила особое значение в хирургии. В одних случаях — это новые эффективные методы хирургического лечения, быстрые

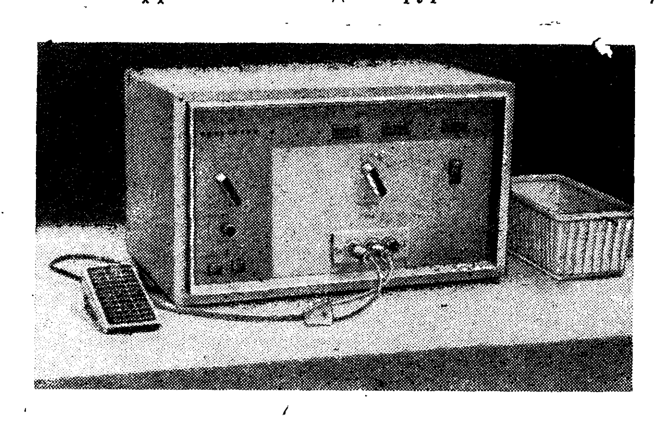


Рис. 17. Аппарат «Урат-1» для дробления камней любой величины в мочевом пузыре без хирургического вмешательства.

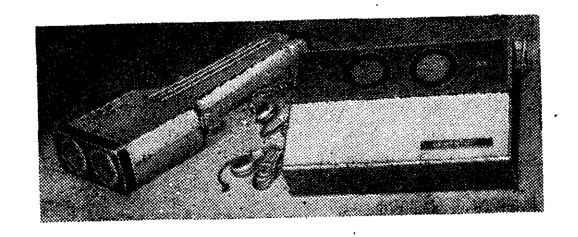




Рис. 18. Ультразвуковой локатор для слепых «Ориентир».

а — аппаратура; *б* — «Ориентир» в работе.

и надежные, например использование луча лазера для укрепления отслоившейся сетчатки глаза. В других — это разнообразная аппаратура, появление которой дало возможность проводить сложнейшие операции на жизненно важных органах человека: сердце и головном мозге.

Таков комплекс приборов «Холод-3Ф», предназначенный для защиты головного мозга и других органов от кислородного голодания и лечения его патофизиологических последствий. Аппаратура применяется в хирургии — при операциях на головном мозге, в реаниматологии (оживлении), для скорой помощи и в других случаях. Такой аппаратуры нет за рубежом, на отдельные устройства её и на промышленный образец получен ряд авторских свидетельств. Он запатентован во Франции и Англии, патентуется в нескольких других странах.

В декабре 1966 г. была завершена разработка урологического аппарата «Урат-1», предназначенного для дробления камней в мочевом пузыре без хирургического вмешательства. Десяткам тысяч больных помог этот универсальный аппарат, не имеющий аналогов в мире. Он обеспечивает разрушение камней любых размеров, состава и количества, причем безболезненно и за очень короткое время (процесс длится в среднем всего 10—15 *сек*).

Мы назвали лишь немногие из радиоэлектронных приборов, стоящих на страже здоровья человека. Их сейчас во много раз больше, чем было несколько лет назад, и они не только контролируют, лечат, оперируют, диагносцируют Они помогают людям активно жить и трудиться, беря на себя функции травмированных органов, так как это «делает» миниатюрный слуховой аппарат для людей с нарушением слуха. А слепому помогает передвигаться по незнакомой местности без живого поводыря портативный транзисторный ультразвуковой эхолокатор «Ориентир». Прибор позволяет определить расстояние до объекта, направление и характер обнаруживаемых предметов. Объект обнаруживается на расстоянии до 10 *м*. «Ориентир» прост и безопасен в управлении, не требует специального ухода в течение длительного времени.

Наш краткий обзор с очевидностью показывает, какие замечательные решения породил союз древней медицины и молодой радиоэлектроники и какие удивительные открытия в изучении и лечении человека он обещает.

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА НАСТУПАЕТ И ПОБЕЖДАЕТ

О чем бы ни шла речь — об аппаратуре связи или электронной вычислительной технике, о бытовой радиоаппаратуре или медицинских радиоэлектронных приборах — всюду мы замечаем тенденцию к миниатюризации, к максимальному уменьшению габаритов и веса. Стремление получить максимальный выигрыш при минимальных затратах — поистине знамение времени.

Но в последние годы необычайно широким фронтом наступает микроэлектроника — и добивается поразительных успехов. В нашем обзоре мы уже встречались с достижениями микроэлектроники — это ЭВМ «Наири-3», переносный радиоприёмник «Селга-2» на активных интегральных схемах, радиопилюля в аппаратуре «Комплекс».

Стимулом к бурному наступлению микроэлектроники послужили космические исследования и развитие вычислительной техники.

Жесткие требования космической техники — максимально уменьшить размеры и повысить надежность аппаратуры — привели к подлинной революции в электронике. Она использует теперь микроминиатюрные схемы, тысячи которых могут поместиться в объеме размером с монету. В новейшей молектронике (молекулярной электронике) для производства этих микроскопических схем в качестве «рабочих инструментов» применяются тонкие пучки электронов.

Все отрасли промышленности, которым предъявлялись высокие требования максимального снижения веса, микроминиатюризации, необычайно высокой надежности, только выиграли от них. Неизбежным результатом этого было улучшение качества всех изделий, а не только связанных с космическими исследованиями.

Накопление и анализ научных данных о каждом этапе космического полета, проектирование и изготовление каждой детали космического корабля, точный контроль за кораблем в полете, сбор, классификация и отработка данных, полученных при каждом запуске, — все это потребовало необычайно быстрого развития вычислительной техники. Но и сами вычислительные машины своим быстрым развитием обязаны прежде всего тем требованиям, которые предъявлялись к ним космическими программами.

Дальнейшее развитие микроэлектроники откроет перед нами невиданные по масштабам и широте применения возможности. По скорости работы электронные вычислительные машины уже сейчас в тысячи раз превосходят скорость процессов, протекающих в мозгу человека. В перспективе быстродействие ЭВМ сможет быть еще более увеличено.

Однако человеческий мозг обладает памятью в сотни тысяч раз большей, чем оперативная память лучших ЭВМ. А поскольку именно оперативная память определяет сложность задач, которые может решать ЭВМ, машина, превосходя человека в скорости, решает пока качественно более простые задачи, чем человек. Чтобы сравниться с человеческим мозгом по «вместимости» информации, память современной ЭВМ на ферритовых кольцах должна иметь объём 1 000 $м^3$. Однако, как утверждает академик В. А. Котельников, прогресс радиоэлектроники позволяет сказать, что в перспективе память машины будет такой же компактной, как в мозге. Тогда в одном кубическом метре объема могла бы поместиться вся информация, которую человечество собрало и записало за всю свою историю.

* * *

Наш очень короткий и далеко не полный обзор достижений отечественной радиоэлектроники закончен. Мы не охватили еще многих разделов народного хозяйства, в которых успешно проявляет себя эта замечательная отрасль техники. Читателю ниже предлагается довольно подробный рекомендательный список литературы, знакомство с которой поможет более

широко ознакомиться с научным поиском наших ученых и инженеров в радиоэлектронике.

Можно порекомендовать также нашим читателям, которые побывают в Москве, ознакомиться с экспозицией павильонов «Радиоэлектроника» и «Вычислительная техника» на ВДНХ и отдела «Радиоэлектроника и связь» в Политехническом музее.

ЛИТЕРАТУРА

Заключительная глава нашей Хрестоматии должна дать материал для заключительного занятия в радиокружке.

Это занятие — обзор достижений радиоэлектроники или беседа о радиоэлектронике. В программе радиокружка обычно не регламентируется время на проведение этой беседы. Она может быть проведена и не в одно занятие и совмещаться с экскурсиями или с организацией вечера, посвященного достижениям радиоэлектроники. Такие вечера, приуроченные ко «Дню радио», проводятся во многих школах, профтехучилищах и других учебных заведениях.

Мы использовали для этой главы юбилейную экспозицию павильона Радиоэлектроники ВДНХ и Политехнического музея к 100-летию со дня рождения В. И. Ленина.

В радиотехнической литературе обзор достижений читатель найдет в «Ежегоднике радиолюбителя» под редакцией Э. Т. Кренкеля (изд-во «Энергия», МРБ, 1968), в статьях «Радиосвязь и техника радиовещания за годы Советской власти» Н. Д. Псурцева и «Радиоэлектроника за 50 лет» В. А. Говядинова, в некоторых беседах книги «Юный радиолюбитель» В. Г. Борисова и Ю. И. Отряшенкова (изд-во «Энергия», МРБ, 1966) и в третьей главе книги «Рассказ о радиоэлектронике» Л. В. Кубаркина (изд-во «Энергия», МРБ, 1965).

Ниже приводится литература по отдельным вопросам достижений радиоэлектроники, вышедшая за последние три-четыре года.

Барченков С. А. Радиоэлектроника обучает, управляет и контролирует. Воениздат, 1966, 104 стр.

В книге рассмотрены радиоэлектронные системы и устройства для обучения. Рассказано о радиоэлектронных системах и аппаратуре управления и контроля. Основное внимание уделено системам военного применения, но значительное место отведено и аппаратуре невоенной. Многие системы, описанные в книге, основаны на использовании электронно-вычислительной техники.

Книга рассчитана на широкие круги читателей.

Радунская И. Превращения гиперболоида инженера Гарина. Изд-во «Молодая гвардия», 1966.

В фантастическом романе А. Толстого инженером Гариным создан тепловой луч огромной силы. Это была фантастика. В книге радиоинженера Ирины Радунской популярно рассказывается о великом открытии советских ученых Н. Г. Басова и А. М. Прохорова (одновременно с американцем Таунсом), получивших мощный световой луч.

Это первая научно-популярная книга о квантовых генераторах. «Ученый не может рассчитывать на бетонное шоссе. Его судьба — бездорожье. Ведь первую тропинку должен проложить именно он, первооткрыватель», — пишет И. Радунская.

Ее книга — о новой науке, которая зовет новых энтузиастов в новые походы за научными открытиями.

Сурис Н. Б. Бионика и радиоэлектроника. Изд-во «Знание», 1966 (Серия «Радиоэлектроника и связь»), 48 стр.

Бионика — наука об использовании в технике знаний о конструкциях, принципах и технологических процессах живой природы. Основу бионики составляют исследования по моделированию различных живых систем.

Практический фундамент бионики составляет радиоэлектроника. В свою очередь бионические исследования физико-химической основы жизнедеятельности, раскрытия элект-

ронных, ионных процессов живого организма создают бо́льшие возможности для развития радиоэлектроники.

О том, какие возможности открывает живая природа для специалиста в области радиоэлектроники, об идеальных образцах для подражания и перспективах развития бионики читатель узнает из этой брошюры.

Написана она популярно, для широкого круга читателей.

Демидов В. Е. Радиомост Земля — Луна — Земля. Изд-во «Знание», 1967, 44 стр.

Какие вопросы возникают при создании аппаратуры для космической связи и каковы пути технического решения этих вопросов?

Брошюра, отвечая на эти вопросы, знакомит читателя с теми проблемами, которые встают при обеспечении эффективности канала связи, о задачах, решаемых системами связи на линии Земля — Луна — Земля и наземной аппаратуре космических радиолиний.

Сифоров В. И. Радиоэлектроника сегодня и завтра. Изд-во «Знание», 1967, 32 стр.

Брошюра члена-корреспондента АН СССР, председателя НТОРиЭ им. А. С. Попова В. И. Сифорова «Обзор главных направлений радиоэлектроники» написана интересно, хорошим литературным языком. Брошюра знакомит с последними достижениями радиоэлектроники и перспективами ее развития.

Фомин Б. От искры до лазера, изд. 2-е. Изд-во «Знание», 1967, 160 стр.

Книга знакомит с плазмой, ее историей, настоящим и будущим лазера.

Берг А. И. Кибернетика и научно-технический прогресс. Изд-во «Знание», 1968, 48 стр. Биографический очерк И. В. Бренева к 75-летию А. И. Берга.

В брошюре Героя Социалистического Труда, председателя Научного совета Академии наук по комплексной проблеме «Кибернетика» академика А. И. Берга излагается краткая история кибернетики.

В брошюре рассмотрена кибернетика, как наука об управлении, связь кибернетики с живой природой (биологией и медициной), кибернетика и гуманитарные науки, кибернетика и техника.

Клименко А. И. Живая радиоэлектроника. Изд-во «Знание», 1968, 28 стр.

В книге приводятся фактические данные, свидетельствующие о возможности использования бионики в инженерной практике.

Рассматриваются биомеханика, биоэнергетика, биоинформация, биосвязь, бионические системы регулирования, управления и проблемы прогнозирования.

Книга рассчитана на широкие круги читателей.

Крайзмер Л. П., Сочивко В. П. Бионика, изд. 2-е, переработ. и доп. Изд-во «Энергия» (Массовая радиобиблиотека), 1968, 112 стр.

Популярное изложение основных идей бионики, как нового раздела науки и техники. Изложены задачи и методы бионики, стремящейся почерпнуть идеи для дальнейшего развития кибернетической техники из органического мира. Рассмотрены: клетка, ее структура, нейтроны и нервные сети, их техническое моделирование, механизмы кодирования, хранения и переработки информации, самоорганизация и кибернетические устройства, анализаторы и перцептроны, некибернетические проблемы бионики.

Книга рассчитана на широкие круги радиоспециалистов и подготовленных радиолюбителей.

Краснов В. Локация с подводной лодки. Изд-во ДОСААФ, 1968, 112 стр.

Рассказ об основных средствах наблюдения современной подводной лодки — перископе, радиолокации, гидроакустике и телевидении.

Книга рассчитана на широкие круги читателей.

Микаэлян А. Л. Голография. Изд-во «Знание» (Серия «Радиоэлектроника и связь»), 1968, 48 стр.

Рассказ о принципах новой области науки и техники, возникшей недавно и получившей развитие и разнообразные возможности практического использования благодаря успехам квантовой электроники. Рассмотрены особенности использования голографии в радиоэлектронике, оптике и физике. Цветная гологра-

фия, возможности создания объемного телевидения, лазерные системы записи и считывания информации на принципах голографии.

Нартов Ю. А. Радиоэлектроника в средствах оргтехники. Издательство «Знание» (Серия» Радиоэлектроника и связь»), 1968, 48 стр.

Рассмотрены перспективные средства оргтехники, дающие наибольший экономический эффект: системы административно-производственной связи (переговорные устройства, системы диспетчерской связи, системы персонального вызова, радиотелефоны). Изложены вопросы применения звукозаписи (диктофоны, телефонные ответчики, мегафоны).

Рассказано о применении радиоэлектроники в узлах и блоках средств оргтехники.

Рассказы о биоэлектронике, под общ. ред. Г. Р. Иваницкого. Изд-во «Энергия» (Массовая радиобиблиотека), 1968, 72 стр.

Цель сборника — познакомить широкие круги читателей с применением электроники в биологических исследованиях.

Рассказывается о методах и созданных на их основе электронных приборах для изучения сердца, мозга, биологических часов, мышцы. Дан анализ светящихся клеток, рассказано о телевизионной микроскопии.

Солдатенков В. А. Электронные модели. Изд-во «Знание» (Серия «Радиотехника и связь»), 1968, 32 стр.

Модель — это экспериментальное подобие конкретного объекта, в которой в реальном или кратном масштабе времени происходят процессы и явления, сходные с процессами в реальном объекте.

В брошюре изложены основы метода моделирования и более подробно — моделирование с помощью электроники. Рассказано о преимуществах электронных моделей. О моделях в бионике и медицине, энергетике и строительстве, управлении производством и в космических исследованиях, о применении моделирования в военном деле.

Честнов Ф. Дальнозоркое эхо. Изд-во ДОСААФ, 1968, 112 стр.

Популярный рассказ о радиолокации.

Значительная часть книги посвящена использованию радиолокации в военном деле на примерах второй мировой войны и Великой Отечественной войны.

Рассказано о борьбе с радиолокацией и способами ведения «войны в эфире».

Заключительная глава «На службе науки» знакомит с применением радиолокации в различных областях науки и техники.

Чистяков Н. И. Радиовещание через спутники. Изд-во «Знание» (Серия «Радиоэлектроника и связь»), 1969, 48 стр.

Спутник в системе связи и вещания служит средством поднятия радиопередатчиков над Землей на большую высоту для увеличения дальности передачи.

Рассмотрены пассивные и активные спутники связи, виды систем телевизионного вещания с использованием спутников для радиосвязи и вещания. Выбор длины волны, мощность бортового передатчика. Земные станции спутниковой связи — первая в мире спутниковая телевизионная система «Орбита».

Конструкции спутников связи. Бортовые источники электроэнергии.

Фридман Г. Р. Интегральные схемы. Изд-во «Знание» (Серия «Радиоэлектроника и связь»), 1969, 32 стр.

Брошюра вводит читателя в круг идей и основных концепций микроэлектроники, историю ее развития.

Рассматриваются основные преимущества современных интегральных схем и пути их дальнейшего развития.

Бир С. Наука управления, пер. с англ. Изд-во «Энергия» (Массовая радиобиблиотека), 1971, 112 стр.

Дано представление о предмете науки управления. Рассматриваются вопросы о значении случая и вероятности появления событий, а также степени риска. Рассказывается о применении моделирования при управлении и решении задач.

Книга предназначена для подготовленных радиолюбителей.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ